Postverlagsort Leipzig

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

BEGRÜNDET VON A. BERLINER UND C. THESING

HERAUSGEGEBEN VON

ARNOLD BERLINER

UNTER BESONDERER MITWIRKUNG VON HANS SPEMANN IN FREIBURG I. BR.

ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE

UND

ORGAN DER KAISER WILHELM-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

HEFT 18 (SEITE 301—324) 4. MAI 1928 16. JAHRGANG

INHALT:

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

erscheinen wöchentlich und können im In- und Auslande durch jede Sortimentsbuchhandlung, jede Postanstalt oder den unterzeichneten Verlag bezogen werden. Preis vierteljährlich für das In- und Ausland RM 9.—. Hierzu tritt bei direkter Zustellung durch den Verlag das Porto bzw. beim Bezuge durch die Post die postalische Bestellgebühr. Einzelheft RM 1.— zuzüglich Porto.

Manuskripte, Bücher usw. an

Die Naturwissenschaften, Berlin W 9, Linkstr. 23/24, erbeten.

Preis der Inland-Anzeigen: 1/1 Seite RM 150.—; Millimeter-Zeile RM 0.35. Für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. — Bei Wiederholungen Nachlaß.

Auslands-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Klischee-Rücksendungen erfolgen zu Lasten des Inserenten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53 und 6326—28 sowie Amt Nollendorf 755—57

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

16. Jahrgang 4. Mai 1928 Heft 18

Die höchsten Atmosphärenschichten [1].

Von J. Bartels, Berlin-Eberswalde.

1. Aerologie. Nach den aerologischen Beobachtungen lassen sich in der Atmosphäre im wesentlichen zwei Schichten unterscheiden: Eine untere, die *Troposphäre*, in der die Witterungsvorgänge sich abspielen und die Temperatur in der Regel nach oben abnimmt, und eine obere, die *Stratosphäre*, in der die Temperatur in vertikaler Richtung nahezu konstant ist oder langsam zunimmt. Die Grenzfläche zwischen beiden liegt am Äquator 16 km, am Pol etwa 8 km hoch; mit dieser verschiedenen Höhenlage hängt es zusammen, daß die Stratosphäre über dem Äquator mit $-80°$ kälter ist als in gleicher Höhe über dem Pol ($-50°$). Die Temperaturverhältnisse in der Troposphäre werden, der üblichen Ausdrucksweise zufolge, beherrscht durch Konvektion (vertikale Durchmischung) und Advektion (horizontale Luftversetzung). Die mittlere Temperatur der Stratosphäre haben R. Emden u. a. in großen Zügen erklärt aus dem Strahlungsgleichgewicht zwischen Sonnen-, Erd- und Atmosphärenstrahlung, wobei die selektive Absorption des Wasserdampfes im Ultrarot die Gleichgewichtstemperatur in der Höhe erniedrigt.

Die höchsten Ballonaufstiege mit meteorologischen Instrumenten erreichten 1913—1914 in Batavia 31 km. Die tiefste mittlere Temperatur war dabei $-85°$ in 17 km Höhe; in einem Einzelfall wurde $-92°$ in $15^1/_2$ km Höhe gefunden. Nach oben nahm die Temperatur wieder zu ($-55°$ in 26 km).

Wenn man etwas über den Zustand der darüberliegenden Schichten erfahren will, ist man vorläufig auf indirekte Schlüsse angewiesen. Dazu müssen verschiedenartige Beobachtungen aus der uns unmittelbar zugänglichen dünnen Kugelschale kombiniert werden. Wie bei allen geo- und astrophysikalischen Fragen bilden die notwendigen Umwege die Schwierigkeit, aber auch den Reiz der Untersuchungen, die im folgenden besprochen werden sollen.

2. Zerstreuung in den Weltenraum. Wenn die Atmosphäre mit derselben Winkelgeschwindigkeit rotieren würde wie der feste Erdkörper, so wären auf einem Kreis mit dem $6^1/_2$fachen Erdradius (42000 km) in der Äquatorebene Zentrifugal- und Gravitationskraft gleich groß. Unter gewissen Annahmen kann man diesen Grenzkreis zu einer Fläche gleichen Druckes vervollständigen, deren Polarradius 28000 km beträgt (1). Jedoch hat diese Rechnung nur akademischen Wert, denn die Dichte wäre dort so gering, daß erst in einem Würfel von 10^{75} km Kantenlänge durchschnittlich ein einziges Molekül vorhanden wäre.

[1] Vortrag im Berliner Zweigverein der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft, 10. Januar 1928.

Ein Körper, der mit einer Geschwindigkeit von mehr als 11 km/sec nach außen fliegt, verläßt die Erde in hyperbolischer Bahn und kehrt nicht wieder zu ihr zurück. Nach den Vorstellungen der kinetischen Gastheorie muß also die Atmosphäre ständig Gasmoleküle verlieren, und zwar um so mehr, je höher die Temperatur und je geringer das Molekulargewicht des Gases. In genügend großen Höhen macht es die geringe Dichte unwahrscheinlich, daß auswärts fliegende Moleküle noch mit anderen zusammenstoßen. Nach Jeans (2) würde aber auf der Erde, selbst bei Wasserstoff von 100° C, der Verlust innerhalb Millionen von Jahren noch nicht merklich sein. Ebenso verhält es sich bei der Sonne, bei der die hohe Temperatur (6000°) durch die große Schwerkraft an der Oberfläche (28fache Erdschwere) in ihrer Wirkung kompensiert wird. Dagegen kann der Mond, seiner geringen Anziehungskraft wegen ($^1/_6$ der Erdschwere), keine Atmosphäre festhalten.

3. Optische Erscheinungen. Unter den Vorgängen, die sinnfällig von der Existenz einer Atmosphäre in großen Höhen zeugen, ist die *Dämmerung* in ihrer mannigfachen Gestalt schon lange systematisch beobachtet worden. Man hat versucht, das Auftreten mehrerer Dämmerungsbogen als Folge eines geschichteten Aufbaus der Atmosphäre zu deuten, jedoch ist die Theorie der atmosphärischen Lichtzerstreuung zu verwickelt, als daß bisher quantitative Angaben möglich wären.

Einfacher sind die Verhältnisse bei den *leuchtenden Nachtwolken*. Seit dem Jahre 1885 hat man von Mitte Mai bis Juni noch um Mitternacht in Berlin silberhelle Wolken gesehen. Jesse bestimmte photogrammetrisch (Dreieck Steglitz-Rathenow-Nauen) ihre Höhe zu 82—83 km. Die Höhenlage war bemerkenswert konstant. Der Glanz nahm von Jahr zu Jahr bis 1890 ab; schließlich war Wogenbildung zu erkennen, ähnlich den Cirruswolken. Die Wolken bewegten sich hauptsächlich von Osten nach Westen mit rund 100 m/sec. Derartige Wolken wurden auch in neuerer Zeit häufig beobachtet, meist im Anschluß an Vulkanausbrüche (Krakatau 1883, Katmai 1912 usw.); es handelt sich vermutlich um feinverteilte Eruptionsprodukte, deren Natur jedoch nicht näher bekannt ist (Asche?).

Sternschnuppen erscheinen im Mittel bei 120 km Höhe, gelegentlich auch bis 170 km, und verschwinden rund 40 km tiefer. Sie bestehen aus Eisen oder Stein und sind oft nicht größer als eine Erbse. Infolge ihrer großen Geschwindigkeit (im Mittel 40 km/sec) drücken sie die Luft an ihrer Vorderseite zusammen; die Erwärmung, die mit

dieser Kompression verbunden ist, ist so stark, daß die Sternschnuppe völlig verdampft. DOBSON und LINDEMANN (3) haben versucht, aus den beobachteten Daten auf die Luftdichte längs der Bahn zu schließen; danach soll die Lufttemperatur oberhalb 50 km auf 300° abs. steigen. Obwohl diese Folgerung durch anders geartete Beobachtungen gestützt wird (s. Nr. 5), ist die Schlußweise selbst von SPARROW angezweifelt worden, und tatsächlich scheinen die theoretischen Grundlagen noch zu unsicher zu sein (4).

Die Trift von Meteorschweifen läßt erkennen, daß die Windrichtung auch in diesen hohen Schichten sich zeitlich und örtlich ändert. Zwischen 30—80 km Höhe herrschen auf der Nordhalbkugel Winde aus Osten, darüber Westwinde vor (5).

Das *Polarlicht* geht nach den photogrammetrischen Messungen der Norweger (6) niemals unter 77 km herab. Die anfangs (1913) gemessenen Maximalhöhen von 300 km, die in eine Zeit geringer Sonnentätigkeit fielen, wurden bei besonders starken magnetischen Störungen des Jahres 1920 übertroffen von Strahlen, die bis über 1000 km hinaufreichten. Unzweifelhaft ist das Polarlicht, im Sinne der Theorie von BIRKELAND und STØRMER, als ein Leuchten der atmosphärischen Gase anzusehen, das durch eine Corpuscularstrahlung von der Sonne her angeregt wird. Viele Einzelheiten werden durch diese Vorstellung erklärt, z. B. der Zusammenhang mit erdmagnetischen Störungen, das Zusammenfallen der Nordlichtstrahlen mit den Kraftlinien des erdmagnetischen Feldes, die ringförmigen Zonen größter Häufigkeit um die beiden magnetischen Pole. Noch ungelöst ist dagegen z. B. die Frage, wie die Teilchen in etwa 36 Stunden von der Sonne zur Erde gelangen, ohne daß sich der Schwarm unterwegs durch elektrostatische Abstoßung zerstreut. — Es ist kaum anzunehmen, daß die Atmosphäre normalerweise über 500 km Höhe noch so dicht ist, daß sie etwa ebenso stark leuchten könnte wie in 100 km Höhe. Solange man nur beachtet, daß die höchsten Höhen gerade bei starken Störungen erreicht werden, liegt der Gedanke nahe, daß die vorübergehende Auflockerung der Luft durch elektrostatische Abstoßung bewirkt wird, wie bei der Ausdehnung einer geladenen Seifenblase. Quantitativ scheint aber die Aufladung nicht auszureichen; auch erklärt sie nicht die STØRMERsche Feststellung (7), daß die höchsten Strahlen durchweg in solchen Teilen der Atmossphäre auftreten, die noch vom direkten Sonnenlicht getroffen werden.

Über das *Spektrum des Polarlichts*, dessen Kenntnis vor allem L. VEGARD (8) zu verdanken ist, hat W. GROTRIAN (9) kürzlich hier berichtet. Lange Zeit waren nur die Banden des einfach ionisierten Stickstoffmoleküls einwandfrei festgestellt. Dagegen ist es erst nach langer Arbeit gelungen, die starke grüne Linie 5577 einem Element zuzuordnen. Einige Worte über die bemerkenswerte Entdeckungsgeschichte: E. WIECHERT (10) beobachtete 1901 die grüne Linie im Spektrum des Nachthimmels in Göttingen auch an magnetisch ruhigen, polarlichtfreien Tagen. Lord RAYLEIGH (11) konnte die grüne Linie — nicht aber die Stickstoffbanden, die nur bei wirklichem Nordlicht auftreten — in je 2 von drei Nächten in England photographieren. Ihre Intensität ändert sich außerhalb der Polarlichtzone wenig mit der geographischen Breite. Die Linie ist so scharf, und sie wird von dem Licht des Mondes und der Sterne so wenig verdeckt, daß H. BABCOCK (12) ihre Wellenlänge einfach dadurch bestimmen konnte, daß er eine gewöhnliche Kamera durch ein PÉROT-FABRYsches Interferometer hindurch auf den Nachthimmel richtete. Er maß die Interferenzringe aus und fand die Wellenlänge $5577 \cdot 350 \pm 0{,}005$ Å; Linienbreite 0,035 Å. Gegenüber den sonstigen Messungen des Nordlichtspektrums, bei denen wegen der Lichtschwäche nur geringe Dispersion angewendet werden kann, bedeutete diese interferometrische Messung eine erhebliche Verschärfung. MCLENNAN (13) und seine Mitarbeiter, ebenso G. CARIO (14) konnten schließlich diese Linie im Laboratorium in reinem Sauerstoff erzeugen. Damit sind in den höchsten Schichten dieselben Gase, Sauerstoff und Stickstoff, nachgewiesen, die auch am Boden die Hauptbestandteile der Luft bilden. Es bleibt noch z. B. die Frage, weshalb oben die Anregungsbedingungen gerade für die Linie 5577 so günstig sind, und weshalb diese mitunter von einer tiefroten Linie (6322 Å) überstrahlt wird. In den von STØRMER beobachteten extrem hohen Nordlichtstrahlen trat 5577 gegen blaue und violette Linien zurück.

4. *Ozon.* Sonnen- und Sternspektren endigen im Ultraviolett bei etwa 2900 Å. Die HARTLEYsche Vermutung, daß die kürzeren Wellen durch atmosphärisches Ozon absorbiert werden, ist durch Vergleich der charakteristischen Absorptionsbanden im ultravioletten Sonnenspektrum mit denen des Ozons bestätigt. Außerhalb der Erdatmosphäre wird die Intensität des Sonnenspektrums, ebenso wie im Sichtbaren und Ultraroten, auch im Ultraviolett ähnlich verteilt sein wie bei einem schwarzen Körper von 6000°. Daß die Absorption durch die Erdatmosphäre bewirkt wird, erkennt man daran, daß ihre Stärke von der Sonnenhöhe abhängt.

In Bodennähe ist zu wenig Ozon vorhanden, um die Absorption zu erklären. Überzeugender als durch chemische Analysen bewies Lord RAYLEIGH (15) die Transparenz der unteren Atmosphäre für ultraviolettes Licht, indem er nachts das Spektrum einer Quarzquecksilberlampe aufnahm, die in 6,6 km Entfernung aufgestellt war; er konnte noch die Linie 2536 Å photographieren. Auf dem Pik von Teneriffa endet dagegen das Spektrum des Sonnenlichtes, nachdem es einen äquivalenten Luftweg von nur 5,9 km durchlaufen hat, auch bei noch so langer Exposition bei 2922 Å.

Nachdem im Laboratorium die Absorptionskoeffizienten reinen Ozons als Funktion der Wellenlänge gemessen waren, konnten FABRY und

BUISSON (16), später DOBSON (17) und seine Mitarbeiter die Menge des Ozons in der höheren Atmosphäre bestimmen durch Photometrie von Spektrogrammen des Sonnenlichtes, die bei verschiedener Sonnenhöhe, also verschiedenem Luftweg der Strahlung aufgenommen werden. Gewöhnlich wird die Menge ausgedrückt als Dicke x einer äquivalenten Schicht reinen Ozons unter normalen Verhältnissen (760 mm Druck, 0° C); diese Ausdrucksweise entspricht etwa dem Begriff der 8 km hohen „homogenen Atmosphäre", die überall gleiche Temperatur und Dichte wie am Boden hätte. Der Mittelwert von rund $x = 3$ mm entspricht einem Partialdruck von 0,0005 mm Quecksilber, oder 10^{19} Molekülen Ozon über dem Quadratzentimeter der Erdoberfläche. Obwohl also das Ozon dem Volumen nach nur im Verhältnis 1 : 3000000 in der Atmosphäre enthalten ist, hebt DOBSON mit Recht die biologische Bedeutung dieses Bestandteiles hervor, der z. B. unsere Haut gerade vor den physiologisch wirksamen, kurzwelligen Strahlen schützt, die in kurzer Zeit schweren Sonnenbrand erzeugen würden.

Der Ozongehalt ist veränderlich. So war über England z. B. 1925 am 28. Februar $x = 3{,}70$ mm, am 7. März nur 2,45 mm. Der jährliche Gang ist in England und Nordamerika ausgeprägt, das Maximum im Frühjahr verhält sich zum Minimum im Herbst wie 4 : 3. Ein Zusammenhang mit der erdmagnetischen Aktivität ist schwach angedeutet. Aus älteren spektralen Messungen des Sonnenlichtes bei 6000 Å, wo Ozon ebenfalls merklich absorbiert, ergab sich derselbe Mittelwert $x = 3$ mm, ferner eine merkliche Zunahme (30%) in den Sonnenfleckenmaximaljahren 1908 und 1918 (18). Merkwürdigerweise ist der Ozonwert eng mit der Wetterlage verbunden: Hohe Ozonwerte treten bei zyklonalem, niedrige bei antizyklonalem Wetter auf (Korrelationsfaktor mit dem Druck am Boden $r = -0{,}46$, mit dem Druck in 9 km Höhe $-0{,}72$).

Die Höhenlage des Ozons kann man durch Beobachtungen bei tiefstehender Sonne finden. Aus geometrischen Gründen (Kugelgestalt der Erde) ist nämlich der Weg des Lichtes morgens und abends, bei gleicher Schichtdicke und gleicher Sonnenhöhe, um so kürzer, je höher die Schicht in der Atmosphäre liegt. Da bei tiefstehender Sonne Dunst und Staub die direkte Beobachtung fälschen, messen CABANNES und DUFAY (18) Banden zwischen 3050 bis 3400 Å in dem Sonnenlicht, das die Ozonschicht durchsetzt hat und in der unteren Atmosphäre gestreut ist. Sie finden die Höhe 45—50 km; dieser berechnete Wert würde zu hoch sein, wenn die hypothetische Annahme falsch wäre, daß die Ozonmenge sich bei sinkender Sonne nicht wesentlich vermindert. Der enge Zusammenhang der Ozonmenge mit der Wetterlage würde übrigens darauf deuten, daß die untere Grenze tatsächlich tiefer liegt. Den Einwand HOELPERS (19), daß die meteorologischen Einflüsse auf den Ozongehalt durch Staub- und Dunstabsorption vorgetäuscht wären, hält DOBSON nicht für berechtigt. Gegenwärtig ist ein Netz von Beobachtungsstationen in verschiedenen Erdteilen eingerichtet.

5. *Schallausbreitung.* Ein Gas, das nur im Ultraviolett absorbiert, müßte unter der Wirkung der Sonnen- und der Erdstrahlung eine hohe Temperatur im Strahlungsgleichgewicht annehmen. Da Ozon jedoch auch im Sichtbaren und Ultraroten (bei 9,5 μ) absorbiert, kann man aus seiner starken Ultraviolettabsorption noch nicht auf eine hohe Temperatur in der höheren Atmosphäre schließen (21). Erst die anomalen Laufzeiten des Schalls bei Sprengungen zwingen dazu, oberhalb 30—40 km Höhe ebenso große Schallgeschwindigkeit v wie am Boden anzunehmen. Nun ist v^2 im wesentlichen proportional T/m (T abs. Temperatur, m Molekulargewicht des Gases). Da es nicht möglich ist, daß in 40 km Höhe schon das mittlere Molekulargewicht m der Luft durch höheren Gehalt an leichten Gasen (Wasserstoff, Helium) merklich erniedrigt ist, kann dort also nicht mehr die niedrige Temperatur (— 55° C) der unteren Stratosphäre herrschen, sondern etwa + 30° C, vielleicht ansteigend von 0° C in 40 km auf + 40° C in 60 km Höhe (20).

6. *Druck und Zusammensetzung.* Nach dem DALTONschen Gesetz würde in einer ruhenden Atmosphäre, unter der Wirkung der Schwerkraft, der prozentuale Anteil der Gase niedrigen Molekulargewichtes mit der Höhe über dem Erdboden wachsen. Das leichteste Gas würde in genügend großer Höhe praktisch allein vorhanden sein, wie klein auch sein Anteil am Gasgemisch in Bodennähe wäre. In der Troposphäre ist die vertikale Durchmischung so stark, daß der sehr langsame Vorgang der Diffusion keinen Unterschied zwischen der Luftzusammensetzung oben und unten erzeugen kann. Bis auf den Gehalt an Wasserdampf und Kohlensäure, der von Kondensation und von Vorgängen in Bodennähe abhängt, haben Luftproben bei Ballonfahrten auch keine nennenswerte Änderung der Zusammensetzung mit der Höhe ergeben. Konvektion bewirkt vertikale Temperaturabnahme. Weil nun in der Stratosphäre die Temperatur eher nach oben zunimmt, herrschte bis vor wenigen Jahren die Ansicht, daß sich dort die Luft durch Diffusion entmischen könnte. Fig. 1 veranschaulicht in den ausgezogenen Linien, wie bei vollständiger Luftruhe, also ungestörter Diffusion, die Partialdrucke mit der Höhe abnähmen, wenn man von der bekannten Zusammensetzung in 12 km Höhe ausgeht und durchweg —54° C annimmt. Der (nicht eingetragene) Gesamtdruck würde zunächst etwa dem Partialdruck des Stickstoffs folgen, dann, oberhalb 120 km, mit dem des Heliums langsamer abnehmen. Wäre auch Wasserstoff vorhanden, so müßte schließlich dieses Gas vorherrschen.

CHAPMAN und MILNE (22) haben gezeigt, daß es für die Vorgänge unterhalb 100 km ziemlich gleichgültig ist, ob leichte Gase vorhanden sind,

und wo die untere Grenze des Diffusionszustandes liegt; über 100 km hinaus entscheiden aber beide Tatsachen über Druck und Zusammensetzung. In 400 km Höhe würden im Kubikzentimeter Luft noch $4 \cdot 10^9$ Heliumatome vorhanden sein, dagegen selbst im Liter weniger als 1 Molekül der anderen Gase.

Das Nordlichtspektrum zeigt im Gegensatz zu dieser älteren Auffassung, daß auch oberhalb 100 km die Atmosphäre aus Stickstoff und Sauerstoff besteht. Die stark gestrichelte Kurve in Fig. 1 veranschaulicht die (ziemlich willkürliche)

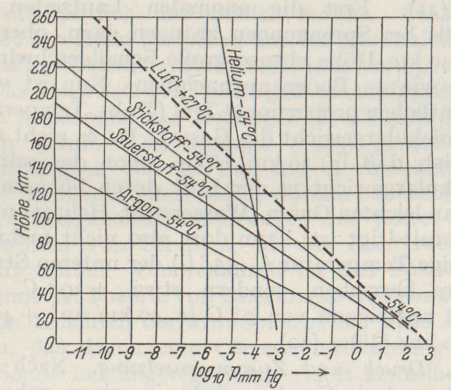


Fig. 1. Abhängigkeit des Druckes von der Höhe. Abszisse = dekadische Logarithmen des in mm Quecksilber angegebenen Druckes.

Annahme (die auch der folgenden Tabelle zugrunde liegt), daß die Luft völlig durchgemischt ist, und daß die Temperatur oberhalb 35 km auf 300° abs. ansteigt, entsprechend den Schallbeobachtungen. Gegenüber den alten Annahmen erhöhen sich Druck und Dichte in 90 km etwa auf das Zehnfache. Die Folgerungen aus anderen Annahmen erhält man leicht (vom Bodenwert ausgehend) durch Konstruktion analoger Kurven, die in jeder Höhe diejenige Druckabnahme aufweisen, die der Temperatur und Zusammensetzung entspricht.

Höhe (km)	0	50	90	130	250	(500)
Druck (mm Hg)	760	1	10^{-2}	10^{-4}	10^{-10}	(10^{-22})
Mittl. freie Weglänge (cm)	$9 \cdot 10^{-6}$	$7 \cdot 10^{-3}$	0,7	70	$7 \cdot 10^7$	$(7 \cdot 10^{19})$
Zahl der Moleküle pro cm³	$2{,}7 \cdot 10^{19}$	$3{,}5 \cdot 10^{16}$	$3{,}5 \cdot 10^{14}$	$3{,}5 \cdot 10^{12}$	$3{,}5 \cdot 10^6$	$(3{,}5 \cdot 10^{-6})$

Die kinematische Zähigkeit der Luft ist umgekehrt proportional der Dichte; oben ist die Luft also sehr „steif".

7. *Erdmagnetische Aufschlüsse.* Bekanntlich breiten sich die elektrischen Wellen der drahtlosen Telegraphie nicht gradlinig in den Raum hinaus aus, sondern folgen der Krümmung der Erdoberfläche. HEAVISIDE (1902) und KENELLY gründeten darauf die Hypothese einer hohen leitenden Atmosphärenschicht. Man vergißt dabei oft, daß schon wesentlich früher BALFOUR STEWART (1882) und A. SCHUSTER (1886) die Notwendigkeit einer solchen Schicht aus den tagesperiodischen Variationen des erdmagnetischen Feldes erschlossen haben. Diese täglichen Gänge, deren Amplitude etwa $^1/_{1000}$ des permanenten magnetischen Feldes (also 0,0005 C. G. S.) beträgt, wechseln nach den Beobachtungen der Observatorien in ziemlich unübersichtlicher Weise mit dem Ort und der Jahreszeit. Die tägliche Veränderung des Kraftvektors ist am Tage stärker als nachts, im Sommer stärker als im Winter; ferner ist eine elfjährige Periodizität in dem Charakter der täglichen Schwankung erkennbar, die der Sonnenfleckenperiode parallel geht. Während das permanente Feld seinen Sitz fast ganz im festen Erdkörper hat, stammt der Hauptteil des tagesperiodischen Feldes aus Ursachen, die über der Erdoberfläche liegen. Es handelt sich um elektrische Stromsysteme in der höheren Atmosphäre, die man rein formal aus den magnetischen Variationen berechnen kann (Fig. 2—3). Charakteristisch ist der kräftige Stromwirbel von etwa 100 000 Amp. Stärke auf der Tagseite der Sommerhalbkugel; nachts sind die Ströme schwach.

Die Erklärung dieses Stromsystems beruht auf der bekannten Tatsache, daß in einem elektrischen Leiter, der sich relativ zum Kraftfeld eines Magneten bewegt, ein Strom induziert wird. Einen solchen Leiter sollen die höchsten Schichten der Atmosphäre darstellen. Sie werden bewegt durch die vorwiegend horizontalen Schwingungen, die mit den tagesperiodischen Schwankungen des Luftdrucks zusammenhängen (23). Da dieser Vorgang ähnlich der Stromerzeugung in Dynamomaschinen ist, spricht man vergleichsweise vom „atmosphärischen Dynamo": Das permanente Magnetfeld der Erde entspricht dem der feststehenden Magnete, die Atmosphäre mit ihren tagesperiodischen Bewegungen durch Erwärmung und Abkühlung sowie Ebbe und Flut ist der „Anker", und die hohen leitenden Schichten sind die „Wickelungen", in denen die Ströme erregt werden.

Erst S. CHAPMAN (24) hat die ziemlich verwickelte Theorie zu einem gewissen Abschluß gebracht. Die Stromstärke hängt (annähernd) ab von dem Produkt $\sigma D u Z$ (σ spezifische Leitfähigkeit, D Dicke der Schicht, u horizontale Geschwindigkeit der Luft, Z Vertikalkomponente des permanenten Magnetfeldes). Am gleichen Ort ändern sich aber im Laufe des Tages sowohl σD wie u. Es war deshalb ein glücklicher Gedanke, neben der solaren auch die mondentägige Schwankung heranzuziehen.

Eliminiert man nämlich die sonnentägige Schwankung aus den erdmagnetischen Variationen und ordnet den Rest nach Mondzeit, so ergibt sich im Mittel über alle Mondphasen eine lunare Variation von außerordentlich einfachem Charakter, nämlich eine reine 12stündige Sinuswelle, deren Amplitude noch 10mal kleiner ist als die der solaren Welle. Diese einfache Form der lunaren Welle war zu erwarten. Denn einerseits können vom Mond nur

Gravitationswirkungen ausgehen, so daß die Luftbewegung den einfachen Typus der Ebbe und Flut haben wird, während bei der Sonne thermische Wirkungen überwiegen; andererseits kann man auch annehmen, daß die totale Leitfähigkeit σD im Mittel über alle Mondphasen an jedem Ort konstant ist, weil zu jeder Sonnenstunde alle Stellungen des Mondes gleich oft im Monatsmittel vorkommen. Ganz anders wird jedoch das Bild, wenn man die einzelnen Mondphasen, also Neumond, 1. Viertel usw. getrennt hält, so daß in jeder Gruppe jede

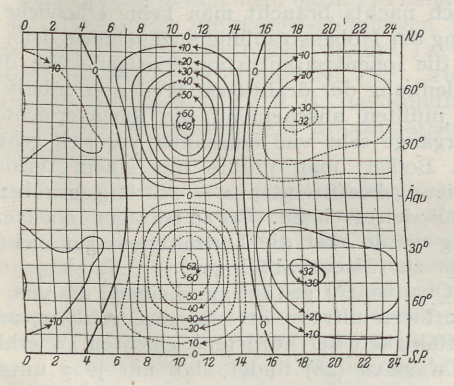


Fig. 2. Tag- und Nachtgleichen.

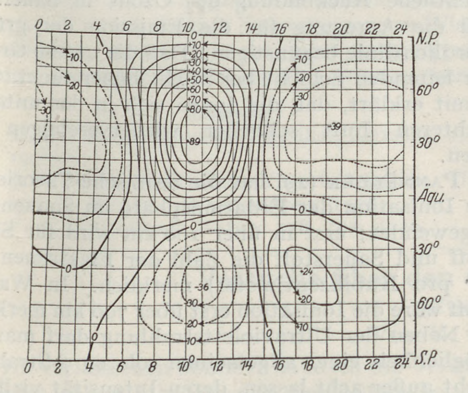


Fig. 3. Nordsommer.

Fig. 2—3. Tagesperiodisches Stromsystem zur Zeit eines Sonnenfleckenminimums. Erdkarten. Die Meridiane sind durch die Ortszeit bezeichnet, 12 = Mittag. Dargestellt sind Linien gleicher Werte der Stromfunktion in Abständen von 10000 Ampère. Einheit der angeschriebenen Zahlen 1000 Ampère. Die Pfeile geben die Stromrichtung an. Die Gesamtstromstärke des Hauptwirbels am Vormittag beträgt zur Zeit der Tag- und Nachtgleichen 62000, im Sommer 89000 Ampère.

Mondstunde mit einer bestimmten Sonnenstunde zusammenfällt. Dann zeigt sich, daß während des hellen Tages die Variationen wesentlich stärker sind als nachts. Damit ist überzeugend nachgewiesen, daß die totale Leitfähigkeit tatsächlich vom Sonnenstand abhängt.

Unter Berücksichtigung der Selbstinduktion ergibt sich für Punkte unmittelbar unter der Sonne zur Zeit eines Sonnenfleckenmaximums $\sigma D = 3 \cdot 10^4$ Ohm^{-1}. Eisen von 0° C hat die spezifische Leitfähigkeit $10^5\ \text{cm}^{-1}\ \text{Ohm}^{-1}$. Die gesamte leitende Schicht in der Atmosphäre ist also, in bezug auf die Stromleitung, äquivalent einer metallenen Kugelschale, deren Dicke mit Sonnenstand, Jahreszeit und Fleckentätigkeit innerhalb der Grenzen 3 mm und 0,05 mm wechselt.

Um einen unteren Grenzwert für die spezifische Leitfähigkeit zu bekommen, wird $D = 200$ km gesetzt. Das gibt für die Tagseite beim Sonnenfleckenmaximum $\sigma = 10^{-3}\ \text{cm}^{-1}\ \text{Ohm}^{-1}$. Zum Vergleich einige mittlere luftelektrische Daten: Leitfähigkeit der Luft am Boden $10^{-16}\ \text{cm}^{-1}\ \text{Ohm}^{-1}$, Dichte des von oben nach unten fließenden luftelektrischen Vertikalstroms 10^{-16} Amp/cm² bei dem normalen Potentialgefälle von 1 Volt/cm. Die Leitfähigkeit der Luft ist oben also bis zu 10^{13}mal so groß als unten. Ähnlich berechnet sich die Stromdichte der horizontalen Ströme in der Höhe 10^5mal so groß als die der vertikalen am Boden.

Die Theorie der magnetischen Variationen wird dadurch verwickelt, daß die wechselnden primären äußeren Ströme innerhalb der Erde ein sekundäres Stromsystem erzeugen, das sich ebenfalls in den Registrierungen äußert. Übrigens ergibt sich die Phase der Luftoscillationen in der Höhe umgekehrt, als es den Druckwellen am Boden entspricht. Vielleicht hängt das damit zusammen, daß die untere Atmosphäre in Resonanz mit den anregenden Kräften schwingt (solare halbtägige Welle 60fach, lunare 3fach verstärkt); oben sind also die periodischen Druckgradienten umgekehrt, und oberhalb von Unstetigkeitsflächen wären entgegengesetzte Bewegungen möglich (interne Wellen). S. CHAPMAN denkt dagegen an selbständige tägliche Temperaturschwankungen und damit verbundene Luftzirkulation in der leitenden Schicht, verursacht durch die starke Absorption des Ozons.

Ganz anderen Charakter als die regelmäßigen tagesperiodischen Schwankungen haben die heftigen Variationen während der erdmagnetischen Stürme. Auch sie gehen sicherlich auf Ströme in der höheren Atmosphäre zurück, deren Theorie aber noch in den Anfängen steckt. Zweifellos werden sie von der Sonne her durch corpusculare Strahlung ausgelöst, die in den beiden Polarlichtzonen durch das magnetische Erdfeld eingesogen wird. Das mannigfaltige Bild erklärt sich durch ungleichmäßige Injektion der Teilchen.

8. Elektrische Wellen. Die Ausbreitung der langen Wellen der drahtlosen Telegraphie ließ noch die Deutung zu, daß die Energie vor allem längs der leitenden Erdoberfläche geführt würde. Die Theorie sagt in diesem Falle voraus, daß die Reichweite um so geringer sein müßte, je kürzer die Wellenlänge. Die unerwarteten Erfolge mit kurzen Wellen — z. B. die Aufzeichnung von 15 m-Wellen, die die Erde in je 0,1375 sec 2mal vollständig umkreist hatten (K. W. WAGNER) — sind daher nur mit der Annahme einer atmosphärischen Führungsschicht zu verstehen.

Nach den ersten englischen und amerikanischen Messungen an Wellen, die von der Heavisideschicht zum Boden zurückgelangen, haben APPLETON (25, 26) und seine Mitarbeiter systematische Beobachtungen über die Höhenlage der Schicht angestellt. In etwa 100 km Abstand von der Sendestelle werden Wellen der Länge 400 m mit einer Kombination verschiedener Antennen empfangen, wodurch es möglich wird, die von oben kommende Welle zu trennen von derjenigen, die sich längs des Bodens fortpflanzt. Die Höhe der Schicht, die die Wellen zur Erde zurücklenkt, ergab sich nachts im Sommer zu 90—130 km. Im Winter, während der drei letzten Nachtstunden, wurden häufig 250 bis 350 km gemessen; sobald das Sonnenlicht die Atmosphäre trifft, rückt die untere Grenze der Schicht wieder auf etwa 100 km herab. Wenn der Tag weiter fortschreitet, so bildet sich anscheinend unter der eigentlichen Heavisideschicht eine weitere ionisierte Schicht, die aber nur die Wellen durch Absorption schwächt, ohne ihre Scheitelhöhe wesentlich zu ändern.

Verschiedentlich sind Zusammenhänge zwischen drahtlosem Empfang und der erdmagnetischen Aktivität nachgewiesen, was auf die erhöhte Ionisation durch solare Corpuscularstrahlung in gestörten Zeiten zurückgeführt werden kann. Aber auch der normale Erdmagnetismus, das permanente Feld, beeinflußt die elektrischen Wellen (27), indem er Drehung der Polarisationsebene und Doppelbrechung bewirkt, wie bei den nach KERR und FARADAY genannten Effekten in der Optik. Tatsächlich werden starke Polarisationserscheinungen an den von oben kommenden Raumwellen beobachtet, deren Deutung im einzelnen allerdings schwierig ist. Das langsame periodische An- und Abschwellen der Empfangsstärke (Fading-Erscheinung) wird vor allem durch Intensitätsänderungen der Raumwelle bewirkt, die vielleicht mit entsprechenden erdmagnetischen Schwankungen zusammenhängen. Denn erdmagnetische Pulsationen von sehr regelmäßiger Sinusform und 10 bis 100 sec Periode werden oft beobachtet; sie werden vermutlich durch Schwingungen der oberen Atmosphäre erzeugt, ähnlich wie die tagesperiodischen Variationen.

Nach der Theorie der Fortpflanzung elektrischer Wellen in ionisierten Gasen ist die Konzentration der freien Elektronen in der Schicht, in der die langen Wellen zur Erde reflektiert, die kurzen Wellen gebrochen werden, auf rund $4 \cdot 10^5$ pro Kubikzentimeter zu schätzen. Diese Zahl stimmt zu den hohen Werten der Leitfähigkeit, die nach den erdmagnetischen Beobachtungen anzunehmen sind. Die 10^{13}fache Erhöhung der Leitfähigkeit gegenüber dem Bodenwert wird also nicht durch die Erhöhung der Zahl der Ionen bewirkt; denn pro Kubikzentimeter sind auch am Boden schon 10^3 „leichte Ionen" vorhanden. Der Unterschied wird vielmehr bedingt durch die hohe Beweglichkeit der freien Elektronen in der dünnen Luft in der Höhe, im Gegensatz zu den schwer beweglichen Molekülkomplexen in der dichten Luft am Boden.

9. Ionisation. In Bodennähe wird die Leitfähigkeit der Luft im wesentlichen durch zwei Ionisatoren bewirkt: Den Gehalt der Luft und der festen Erdrinde an radioaktiven Substanzen sowie durch die HESSsche Höhenstrahlung. In der Stratosphäre bleibt von beiden nur die letztere übrig. Aber schon die starke Zunahme der Leitfähigkeit der Heavisideschicht am hellen Tage weist auf eine solare ionisierende Wellenstrahlung hin. Auch nachts braucht man keine erhebliche Wirkung der Höhenstrahlung anzunehmen, denn wenn sie die Ionenkonzentration erzeugen sollte, die zur Ablenkung der drahtlosen Wellen erforderlich ist, so müßten anscheinend die ionenvernichtenden Vorgänge sehr viel langsamer vor sich gehen als am Boden; man müßte mit einem Wiedervereinigungskoeffizienten $\alpha = 10^{-12}$ (gegenüber 10^{-6} am Boden) rechnen. Bei so geringer Ionenvernichtung würde aber die Leitfähigkeit gar nicht vom Tage zur Nacht abklingen.

Quantitativ genügt anscheinend die vom Ozon absorbierte ultraviolette Sonnenstrahlung, um die Leitfähigkeit der höchsten Schichten zu erklären. S. CHAPMAN (28) findet, daß nur je 3 unter 10^6 Ozonmolekülen ionisiert zu sein brauchen. Die nächtliche Rückbildung des Ozons in Sauerstoff soll die Anregung für die Emission der grünen Nordlichtlinie begünstigen. Daß die untere Grenze der leitenden Schicht bei Nacht höher rückt, wird damit erklärt, daß die Ionen sich in der unteren, dichteren Luft schneller wiedervereinigen als oben.

PANNEKOEK (29) hat die SAHAsche Theorie auf die Ionisation der Erdatmosphäre im Sonnenlicht angewendet; erst in über 100 km wird für Stickstoff und Sauerstoff die Zahl der Elektronen (bis 10^6 pro Kubikzentimeter) merklich. In Wasserstoff wäre die Ionisation erst über 700 km merklich.

Neben der Ultraviolettstrahlung darf man die Möglichkeit einer allgemeinen solaren γ-Strahlung nicht außer acht lassen, deren Intensität vielleicht mit der Sonnentätigkeit wächst. Denn auch an magnetisch ruhigen Tagen erhöht sich die atmosphärische Leitfähigkeit vom Minimum zum Maximum der Sonnenfleckenperiode um mindestens 25%; und angesichts der relativen Konstanz des übrigen Sonnenspektrums ist es wenig wahrscheinlich, daß dieser Unterschied ganz auf die Ultraviolettstrahlung zurückgeht.

Solare Corpuscularstrahlung ionisiert die Atmosphäre nur zu gewissen Zeiten, die durch Polarlichter und erdmagnetische Störungen gekennzeichnet sind. Diese Störungen setzen mitunter schlagartig auf der ganzen Erde ein; dabei lassen sich, innerhalb der Fehler der registrierten Zeiten (1 Min.), keine systematischen Differenzen im Beginn an verschiedenen Stationen feststellen. Ihrer elektrischen Ladung wegen werden die solaren Teilchen vom permanenten magnetischen Feld abgelenkt, so daß sie an bevorzugten Stellen (Po-

larlichtzone, Abend- und Nachtseite) eindringen. Nur bei besonders schweren Störungen erscheint das Polarlicht auch in niederen Breiten; ANGENHEISTER beobachtete am 15. Mai 1921 in Samoa (13.8° südl. Breite) gelegentlich eines heftigen magnetischen Sturmes, bei dem die Horizontalintensität um 3% herabgesetzt war, ein Polarlicht, das mindestens in etwa 33° Breite im Zenit gestanden haben muß, wenn man mit der extremen Höhe von 1000 km rechnet. Es ist verständlich, wenn dann auch der drahtlose Verkehr gestört wird. Dabei scheint es sich mehr darum zu handeln, daß die allgemeinen Empfangsbedingungen sich ändern (Umwandlung der Nacht- in die Tagverhältnisse), während der Hauptteil der „atmosphärischen Störungen", die z. B. im Rundfunk hörbar werden, vermutlich von troposphärischen Vorgängen ausgeht.

Das Bild, das hier vom Zustand der höchsten Atmosphärenschichten entworfen wurde, unterscheidet sich in manchen Punkten von den Anschauungen, die noch vor wenigen Jahren herrschten. An die Stelle der gleichförmigen „Wasserstoffatmosphäre" in der Höhe sind andere Vorstellungen getreten, die durch die Schlagworte Ozon, Schallausbreitung, Nordlichtspektrum, Heavisideschicht gekennzeichnet sind. Angesichts der zunehmenden Tätigkeit auf diesem Gebiet der Geophysik ist ein rascher Zuwachs unseres Wissens zu erhoffen, wobei viele der jetzt noch hypothetischen Aussagen an Sicherheit gewinnen werden.

Literatur:

1. M. VON SMOLUCHOWSKI, Physikal. Zeitschr. **2**, 307. 1900/01.
2. J. H. JEANS, Dynamische Theorie der Gase. Übers. von R. FÜRTH. Braunschweig 1926.
3. F. A. LINDEMANN, Nature **118**, 195. 1926.
4. M. RADAKOVIĆ, Meteorol. Zeitschr. **43**, 441. 1926; **44**, 326. 1927.
5. S. KAHLKE, Ann. d. Hydrogr. **49**, 294. 1921.
6. C. STØRMER, Geofysiske Publ. Oslo **4**, Nr. 7. 1926.
7. C. STØRMER, Nature **120**, 329. 1927.
8. L. VEGARD, Naturwissenschaften **15**, 438. 1927.
9. W. GROTRIAN, Naturwissenschaften **15**, 869. 1927.
10. E. WIECHERT, Physikal. Zeitschr. **3**, 365. 1901/02.
11. LORD RAYLEIGH, Proc. of the roy. soc. of London (A) **100**, 367. 1922; **106**, 117. 1924.
12. H. BABCOCK, Astrophys. Journ. **57**, 209. 1923.
13. MC. LENNAN u. a., Proc. of the roy. soc. of London (A) **106**, 138. 1924; **114**, 1. 1927; **115**, 515. 1927.
14. G. CARIO, Zeitschr. f. Physik **42**, 15. 1927.
15. R. J. STRUTT, Proc. of the roy. soc. of London (A) **94**, 260. 1918.
16. C. FABRY, Proc. Phys. Soc. London **39**, 1. 1927.
17. G. M. B. DOBSON und D. N. HARRISSON, Proc. of the roy. soc. of London (A) **110**, 660. 1926; **114**, 521. 1927.
18. J. CABANNES und J. DUFAY, Journ. de phys. **7**, 257. 1926; **8**, 125 u. 353. 1927; Cpt. rend. **182**, 331. 1926.
19. Diskussion O. HOELPER und DOBSON, Zeitschr. f. Geophys. **3**, 184, 307, 309. 1927.
20. B. GUTENBERG, Naturwissenschaften **14**, 338. 1926.
21. H. PELZER, Ann. d. Phys. (4) **83**, 362. 1927.
22. S. CHAPMAN und E. A. MILNE, Quart. journ. roy. meteorol. soc. London **46**, 357. 1920.
23. J. BARTELS, Naturwissenschaften **15**, 860. 1927; Zeitschr. f. Geophys. **4**, 1. 1928.
24. S. CHAPMAN, Phil. Trans. roy. soc. London (A) **218**, 1. 1919; **225**. 49, 1925; Journ. London Math. Soc. **2**, 131. 1927.
25. E. V. APPLETON und J. A. RATCLIFFE, Proc. of the roy. soc. of London (A) **115**, 291 u. 305. 1927.
26. E. V. APPLETON, Nature **118**, 514. 1926; **120**, 330. 1927.
27. H. LASSEN, Elektr. Nachrichtentechnik **4**, 324. 1927.
28. S. CHAPMAN, Quart. journ. roy. meteorol. soc. **52**, 225. 1926.
29. A. PANNEKOEK, Proc. of the roy. acad. Amsterdam **29**, 1165. 1926.

Versuche über den Geschmackssinn der Bienen[1].

(Zweite Mitteilung.)

Von K. v. FRISCH, München.

Im verflossenen Sommer habe ich die Versuche, über die ich vor Jahresfrist an dieser Stelle berichtet habe[2], weiter fortgeführt. Als Fazit dieser Versuchsperiode sehe ich, mit geteilten Gefühlen, viele neue Fragezeichen und nirgends einen Schlußpunkt. Nur zwei Fragen konnten so weit gefördert werden, daß ich heute über sie sprechen möchte: die eine betrifft den Schwellenwert des süßen Geschmacks für die Bienen, die andere die Verbreitung des Süßgeschmacks unter den organischen Verbindungen und, eng hiermit verquickt, die Frage nach den Beziehungen zwischen Süßgeschmack und chemischer Konstitution.

Über den *Schwellenwert des Süßgeschmacks* konnte ich bei meinem ersten Bericht noch keine Vermutung äußern. Wir standen vor der Tatsache, daß die Bienen an die Konzentration einer Rohrzuckerlösung sehr verschiedene Ansprüche stellen: Bisweilen wurde schon eine $^1/_2$ molare (ca. 17%) Rohrzuckerlösung von manchen Bienen verschmäht, und andererseits wurde bisweilen noch eine $^1/_8$ molare (ca. 4%) Rohrzuckerlösung angenommen. Diese Differenzen sind zum Teil darauf zurückzuführen, daß die eine Biene an die Süßigkeit einer Zuckerlösung größere Anforderungen stellt als eine andere. Es kann dies niemanden in Erstaunen setzen, der weiß, welche Bedeutung auch in der Physiologie des Menschen der individuellen Ausbildung des Geschmackssinnes zukommt. Aber diese individuellen Unterschiede halten sich in engeren Grenzen, und es kommt noch

[1] Vortrag, gehalten in der Gesellschaft für Morphologie und Physiologie zu München am 17. Januar 1928.

[2] Naturwissenschaften 15, 321—327. 1927. — Soeben erschien eine Arbeit von G. KUNZE, Einige Versuche über den Geschmackssinn der Honigbiene (Zool. Jahrb., Abt. f. allg. Zool. u. Physiol. 44, 287—314), auf die ich, wie auf die ältere Literatur, erst in meiner ausführlichen Darstellung eingehen werde. Im wesentlichen stimmen unsere Resultate, soweit sie sich berühren, überein.

etwas anderes hinzu: ein und dasselbe Volk, das zu bestimmter Zeit z. B. eine $^1/_2$ molare (17%) Rohrzuckerlösung nur zögernd annimmt oder völlig verschmäht, kann einige Wochen später die gleiche Lösung glatt akzeptieren und sich jetzt etwa gegenüber einer $^1/_4$ molaren (8,5%) Lösung so benehmen wie früher bei doppelter Konzentration. Auf diesen Umstand, im Verein mit den individuellen Unterschieden, ist es zurückzuführen, daß die extremen Werte für die Annahme von Zuckerlösungen so weit auseinanderfallen.

Ich habe die Konzentration einer Zuckerlösung, bei der sie eben noch, wenn auch zögernd, getrunken wird, als den *Grenzwert* bezeichnet. Die Frage liegt auf der Hand, ob der Grenzwert für die Annahme einer Zuckerlösung mit dem *Schwellenwert* für die süße Geschmacksempfindung zusammenfällt. Dann hätten wir die Ursache für die so verschiedene Lage des Grenzwertes einfach darin zu erblicken, daß der Schwellenwert individuell sehr verschieden liegt. Gegen diese Deutung scheint zwar der eben erwähnte Umstand zu sprechen, daß sich der Grenzwert an ein und demselben Bienenvolk im Verlauf von einigen Wochen deutlich verschieben kann. Aber die Arbeitsbienen haben ja in den Sommermonaten eine so kurze Lebensdauer, daß Versuche, die am gleichen Volk und am gleichen Futterplatz in einem Zwischenraum von nur vier Wochen angestellt sind, schon verschiedene Generationen von Arbeitsbienen betreffen[1]. Und so könnten auch hier individuelle Unterschiede des Schwellenwertes den gefundenen Differenzen zugrunde liegen.

Um hierüber Aufschluß zu erhalten, habe ich Bienen, bei welchen der Grenzwert verhältnismäßig hoch lag, nämlich bei $^1/_2$ mol (17%) Rohrzucker, am Futterschälchen abgefangen und in einem zweckmäßig gebauten kleinen Käfig hungern lassen. Sie hatten da reichlich Wasser zur Verfügung, um ihren Durst zu stillen. Aber sie bekamen kein Futter. Wurden sie nach wenigen Stunden neuerlich geprüft, so war der Grenzwert jäh gefallen und lag jetzt *bei einer $^1/_4$ bis $^1/_8$ mol (ca. 8—4%) Rohrzuckerlösung.* Dieser Wert blieb nun konstant, auch wenn die Hungerzeit auf einen vollen Tag oder darüber hinaus verlängert wurde, bis die Tiere an Entkräftung starben. Ich wiederholte den Versuch zu anderer Zeit, als der Grenzwert bei meiner gewöhnlichen Versuchsanordnung am Futterschälchen im Freien, so niedrig lag, wie ich ihn bei den Hungerbienen gefunden hatte. Dann ließ er sich auch durch Hungern nicht mehr drücken. Ich habe den Versuch mit Bienen aus vier verschiedenen Völkern ausgeführt, mit alten Flugbienen und mit jungen Brutbienen, im Frühjahr, Sommer, Herbst und Winter, das Resultat blieb dasselbe. Eine $^1/_4$ molare (ca. 8%) Rohrzuckerlösung wurde nach einer Hungerzeit von einigen Stunden ausnahmslos angenommen, eine $^1/_8$ molare (ca. 4%) Zuckerlösung wurde von manchen Tieren noch getrunken, eine $^1/_{16}$ molare (ca. 2%) Lösung auch von verhungernden Tieren stets abgelehnt[1].

Wir können mit einiger Wahrscheinlichkeit annehmen, daß jener Grenzwert, der sich bei Hungerbienen unter mannigfachen Bedingungen als so beständig erweist, ihrem *Schwellenwert* für die süße Geschmacksempfindung entspricht. Denn es ist nicht wahrscheinlich, daß eine verhungernde Biene die rettende Nahrung verschmäht, wenn sie sie schmeckt.

Mit Sicherheit können wir aus den Versuchen entnehmen, daß die starken Differenzen des Grenzwertes, die bei Fütterung im Freien zu verschiedenen Zeiten gefunden wurden, nicht einfach durch entsprechende Unterschiede des Schwellenwertes bedingt sind. Ich vermute, daß hier biologische Faktoren hereinspielen. Im Hochsommer und Spätsommer, bei starkem Futterbedarf der Völker und spärlicher Tracht, fand ich den Grenzwert auch im Freien so nieder wie bei meinen Hungerbienen, im Frühling bei reichem Honigsegen lag er hoch; das heißt, eine Zuckerlösung, die in Zeiten der Not genommen wird, wird in Zeiten des Überflusses verschmäht — nicht weil sie dann unter dem Schwellenwert liegt, sondern weil das Volk das Mindere liegen läßt, wenn die Natur daneben Besseres bietet[2].

Bevor ich nun zur zweiten Frage meines heutigen Themas übergehe, möchte ich an die Methode erinnern, durch die wir erfahren können, ob eine Substanz für die Bienen süß, oder von andersartigem Geschmack oder geschmacklos ist: Wir bieten einer Bienenschar am Futterplatz Rohrzucker in stufenweise abnehmender Konzentration. Es zeigt sich z. B., daß eine $^1/_2$ molare (17%) Lösung von allen Bienen glatt angenommen, eine $^1/_4$ molare (8,5%) Lösung nur zögernd getrunken, eine $^1/_8$ molare (4,25%) Lösung nach kurzem Kosten einmütig abgelehnt wird. Eine Beimischung von anders schmeckenden (saueren, salzigen, bitteren) Stoffen zu den Rohrzuckerlösungen macht sich als Vergällung bemerkbar und bewirkt, je nach der Intensität des fremden Geschmackes, verstärktes Zögern oder völlige Ablehnung bei der vorher eben noch akzeptierten Zuckerkonzentration (Grenzwertlösung). Geschmacklose Substanzen beeinflussen den Grenzwert nicht. Eine Beimischung von „süßen" Stoffen aber wirkt im gleichen Sinne wie eine Erhöhung der Rohrzuckerkonzentration,

[1] Da ich mit numerierten Bienen gearbeitet habe, kann ich mit Sicherheit aussagen, daß nur in vereinzelten Ausnahmefällen ein bestimmtes Individuum länger als 4 Wochen zum Futterplatz gekommen ist.

[1] Abweichungen ergaben sich nur bei Bienen, die schon mehrere (4—8) Tage in den Käfigen gefangen gehalten waren. Sie wurden einmal täglich gefüttert, da sie sonst verhungert wären. An den späteren Tagen kam es vor, daß der Grenzwert wieder höher lag, aber niemals sank er unter den angegebenen Wert (50 Versuche).

[2] Im Spätherbst scheint der Grenzwert wieder anzusteigen, auch bei darbenden Völkern und beim Fehlen jeder Tracht, vielleicht wegen der Gefahr, daß dünne Zuckerlösungen im Stock nicht mehr genügend verarbeitet und konzentriert werden können, wenn der Winter vor der Türe steht.

führt zu verbesserter Annahme der Grenzwertlösung und kann auch eine stärker verdünnte Rohrzuckerstufe „über die Schwelle heben“.

Ich kann durch solche Mischversuche das Vorhandensein eines physiologischen Süßgeschmackes auch für eine Substanz nachweisen, die für sich allein selbst bei maximaler Konzentration nicht so süß ist, daß sie von den Bienen angenommen wird. Wie empfindlich die Methode ist, zeigen einige Versuche mit bekannten Zuckerarten. In einer Versuchsreihe wurde eine $^1/_2$ molare (9%) Traubenzuckerlösung von allen Bienen verschmäht. Der Grenzwert lag bei 1 mol (18%) Traubenzucker. Aber noch eine $^1/_8$ molare (2,25%) Traubenzuckerlösung vermochte, wenn sie in einer Rohrzuckerlösung von Grenzwertkonzentration enthalten war, deren Annahme merklich zu verbessern. Das gleiche Verhältnis fand ich bei Fruchtzucker. Es läßt sich auch für Rohrzucker selbst prüfen: in einer Versuchsreihe, in welcher $^1/_8$ mol (4,25%) Rohrzucker allgemein abgelehnt wurde und der Grenzwert bei $^1/_4$ mol (8,5%) Rohrzucker lag, wurde noch durch Hinzufügen von $^1/_{32}$ mol (ca. 1%) Rohrzucker die Annahme der Grenzwertlösung verbessert und die nächste Verdünnungsstufe für einen Teil der Bienenschar über die Schwelle gehoben. Allgemein läßt sich also sagen, daß sich beim Prüfen einer „süßen“ Substanz durch diese Mischmethode noch ein achtmal geringerer Süßungsgrad nachweisen läßt, als es durch einfaches Vorsetzen der reinen, unvermischten Substanz möglich wäre. Denn die eben noch als süß nachweisbaren Konzentrationen der genannten Zucker lagen bei der achtfachen Verdünnung ihrer Grenzwertkonzentration. Und umgekehrt läßt sich schließen, daß eine Substanz, die bei der Mischung mit Rohrzuckerlösung deren Grenzwert nicht merklich beeinflußt, für die Bienen jedenfalls weniger süß ist als eine $^1/_{32}$ molare (1%) Rohrzuckerlösung[1]. Solche Substanzen dürfen wir wohl als für die Bienen *nicht süß* bezeichnen.

Daß ein *Süßgeschmack unter den organischen Verbindungen für die Bienen nicht so weit verbreitet ist wie für uns*, habe ich schon im vorigen Jahre mitgeteilt. Von Substanzen, die, bei völlig abweichender chemischer Konstitution, für den Menschen wie Rohrzucker schmecken, hatte ich damals das *Saccharin* und *Dulcin* geprüft; das Ergebnis war, daß diese Zuckersurrogate von den Bienen nicht angenommen wurden; mit Rohrzuckerlösungen gemischt und nach der eben dargelegten Methode geprüft, wirkten sie im Sinne einer leichten Vergällung; bei hinreichender Verdünnung, in der aber ihr Süßgeschmack für uns

[1] Vorausgesetzt, daß der Grenzwert, wie im oben besprochenen Versuch, bei $^1/_4$ mol Rohrzucker liegt. Wir wissen, daß er auch höher liegen kann. Dann ist die Methode entsprechend weniger empfindlich. In solchen Fällen habe ich von der Erfahrung Gebrauch gemacht, daß sich der Grenzwert durch Hunger rasch auf den niedrigsten Wert ($^1/_4$—$^1/_8$ mol Rohrzucker) drücken läßt, und habe die Versuche an Hungerbienen kontrolliert.

noch lebhaft zur Geltung kam, erwiesen sie sich für die Bienen als geschmacklos. Das ließ sich inzwischen für einige weitere Stoffe bestätigen, die, in chemischer Hinsicht von den Zuckern stark abweichend, für den Menschen doch fast wie Rohrzucker schmecken: das *Glucin*[1], der dritte künstliche Süßstoff, der neben Saccharin und Dulcin, wenn auch nur vorübergehend, als Zuckersurrogat im Handel war, und die Glucoside *Eupatorin* und *Glycyrrhizinsäure*[1], welch letztere mir als Kaliumsalz zur Verfügung stand, waren von Verdünnungen abwärts, in denen sie für den Menschen etwa die Süßigkeit einer $^1/_2$ molaren (17%) Rohrzuckerlösung hatten, für die Bienen geschmacklos, in stärkerer Konzentration wirkten sie vergällend. *Diglykolsäurepropylimid*[1], eine Verbindung, auf deren intensiven und reinen Süßgeschmack THOMS aufmerksam gemacht hat, war für die Bienen von einer Verdünnung an, die für uns etwa so süß war wie eine $^1/_8$ molare (ca. 4%) Rohrzuckerlösung, geschmacklos, bei stärkerer Konzentration machte sich auch hier eine vergällende Wirkung bemerkbar, die auf einen von „süß“ abweichenden Geschmack hindeutet. Für mich hatte nur das Eupatorin einen bitteren Bei- und Nachgeschmack. Beim Glucin, glycyrrhizinsaurem Kalium und Diglykolsäurepropylimid entwickelt sich für unser Empfinden der Süßgeschmack allmählich auf der Zunge, während Zucker bekanntlich sofort süß schmeckt.

Interessanter ist, daß auch die *echten Zucker*, für uns der Pototyp der Süßigkeit, für die Bienen durchaus nicht alle süß schmecken. Die Liste der für die Bienen süßen Zuckerarten, die bei meinem vorjährigen Vortrag auf *Traubenzucker*, *Fruchtzucker*, *Rohrzucker* und *Malzzucker* beschränkt war, kann ich jetzt erweitern und die *Trehalose* und *Melezitose* hier anreihen[2].

Weit mehr aber hat sich bei fortgesetzter Untersuchung die Liste jener Zucker vergrößert, die für die Bienen nicht süß sind. Hier sind neu zu nennen die *Xylose*, *Sorbose*, *Mannose*[3], *Melibiose*[4], *Cellobiose*[5], *Raffinose*.

[1] Den Herren GUGGENHEIM, KARRER, ROST, SCHÖPF, TÄUFEL, THOMS und WIELAND bin ich für ihre freundliche Beratung bzw. für die Überlassung oder Herstellung der wertvollen Stoffe sehr zu Dank verpflichtet.

[2] Diese und die weiterhin genannten seltenen Zucker verdanke ich den Herren H. FISCHER, FREUDENBERG, GUGGENHEIM, KARRER, KUHN, SPENGLER und ZEMPLÉN.

[3] In meinem ersten Vortrag habe ich erwähnt, daß die *Mannose* auf die Bienen als Gift wirkt. Ich glaubte dies auf eine Verunreinigung zurückführen zu müssen. Die Giftwirkung hat sich aber inzwischen unverändert auch an Mannosepräparaten bestätigt, die in größtmöglicher Reinheit hergestellt waren. Durch ein abgeändertes Versuchsverfahren konnte ich mich trotz der starken Giftwirkung davon überzeugen, daß die Mannose für die Bienen geschmacklos ist.

[4] Durch die Mischmethode konnte für die *Melibiose* ein *sehr schwacher* Süßegrad nachgewiesen werden; es ist aber für die Bienen die Melibiose etwa 24 mal weniger süß als Rohrzucker und somit auch in konzentrierter Lösung weit unterschwellig.

[5] Im Gegensatz zu den anderen hier genannten

In den folgenden Tabellen habe ich alle bisher geprüften Zucker und Zuckeralkohole zusammengestellt und für jede Substanz den *Süßungsgrad* für die Bienen und für den Menschen angegeben, und zwar im Vergleich mit Rohrzucker und bezogen auf molare Lösungen. Der Süßungsgrad des Fruchtzuckers = $^1/_2$ bedeutet, daß eine $^1/_2$ molare Rohrzuckerlösung die gleiche Süßigkeit hat wie eine 1 mol Fruchtzuckerlösung.

Die angegebenen Werte sind *Näherungswerte*. Sie genügen für diese Übersicht und eine genauere Bestimmung hätte auch in Hinblick auf die starken individuellen Schwankungen nicht viel Sinn.

Die Werte für die Bienen wurden gefunden, indem der Grenzwert für den betreffenden Stoff bestimmt und mit dem Grenzwert für Rohrzucker (bei den gleichen Bienen und zur gleichen Zeit) verglichen wurde. Der Süßungsgrad der Melibiose, der weit unter dem Grenzwert liegt, ergab sich in entsprechender Weise durch die Mischmethode. Der Süßungsgrad = O bedeutet, daß sich für die Substanz auch nach der Mischmethode kein Süßwert feststellen ließ, daß also ihr Süßungsgrad jedenfalls geringer ist als der einer $^1/_{32}$ molaren (ca. 1%) Rohrzuckerlösung.

Die Angaben für den Menschen beziehen sich auf meinen eigenen Geschmack und wurden durch einige weitere Versuchspersonen kontrolliert. Man hat für einige Süßstoffe durch die sog. Konstanzmethode[1] den *durchschnittlichen* Süßungsgrad für eine größere Individuenzahl sehr genau festgelegt. Für die meisten Süßstoffe meiner Tabellen fehlen solche Bestimmungen. Auch ich konnte sie nicht machen, weil mir von den seltenen Zuckern die für die Konstanzmethode erforderlichen Mengen nicht zur Verfügung standen. Die Näherungswerte genügen hier, denn wir sind ja weit davon entfernt, die Ursache für die feineren Abstufungen des Süßungsgrades diskutieren zu können. Im Interesse der Einheitlichkeit habe ich auch da, wo genauere Durchschnittswerte vorliegen, die von mir durch einfachen Vergleich gefundenen Näherungswerte in die Tabelle eingetragen.

In der menschlichen Geschmacksphysiologie hat man sich vielfach bemüht, den Süßgeschmack auf die chemische Konstitution der süß schmeckenden Stoffe zurückzuführen. Die aufgestellten Regeln haben aber alle nur beschränkte Geltung und werden durch eine übergroße Zahl von Ausnahmen illusorisch. Jede Theorie steht vor der Schwierigkeit, daß es für den Menschen so außerordentlich viele Süßstoffe gibt, die in ihrer Konstitution oft nicht das geringste gemeinsam haben, und daß andererseits oft von zwei Substanzen, die in ihrer chemischen Konstitution fast identisch sind, die eine süß schmeckt, die andere nicht. So kommt v. Skramlik zu der resignierten Erkenntnis, daß wir nicht imstande sind, den Zusammenhang zwischen der süßen Geschmacksqualität und der Konstitution ihrer Vertreter ausfindig zu machen[1].

Zuckern hat die Cellobiose eine leicht vergällende Wirkung.

[1] Vgl. R. Pauli, Biochem. Zeitschr. 125, 97. 1921.

Als sich zeigte, daß es für die Bienen nur wenige Süßstoffe gibt, dachte ich, es würde sich vielleicht hier ein diesen Stoffen gemeinsames Konstitutionsmerkmal herausschälen lassen. Die bisher gefundenen Tatsachen offenbaren aber im kleinen dieselbe erstaunliche Regellosigkeit, wie sie im großen aus der menschlichen Geschmacksphysiologie bekannt ist.

Die *Glucose* ist für die Bienen süß; aber eine Umstellung der Hydroxylgruppe an einem einzigen Kohlenstoffatom genügt, um den Süßgeschmack zu vernichten (*Galactose, Mannose*)[2]:

d-Galactose (nicht süß)	d-Glucose (süß)	d-Mannose (nicht süß)
CHO	CHO	CHO
H—C—OH	H—C—OH	**HO—C—H**
HO—C—H	HO—C—H	HO—C—H
HO—C—H	H—C—OH	H—C—OH
H—C—OH	H—C—OH	H—C—OH
CH_2OH	CH_2OH	CH_2OH

Auch die *Fructose* ist für die Bienen süß, und auch hier kann diese Eigenschaft durch eine einzige Umstellung aufgehoben werden (*Sorbose*):

d-Fructose (süß)	d-Sorbose (nicht süß)
CH_2OH	CH_2OH
C—O	C—O
HO—C—H	HO—C—H
H—C—OH	H—C—OH
H—C—OH	**HO—C—H**
CH_2OH	CH_2OH

Viel tiefer greifend als diese Umstellungen, erscheint uns der Konstitutionsunterschied zwischen der *Glucose* und der *Fructose*, und doch sind *beide* für die Bienen süß. Man sucht nach einer gemeinsamen Komponente und ist vielleicht geneigt, die Übereinstimmung am dritten bis sechsten Kohlenstoffatom für den gemeinsamen Süßgeschmack verantwortlich zu machen. Aber dieser Komplex findet sich ebenso in der *Mannose* und im *Sorbit* wieder und doch sind diese beiden Stoffe für die Bienen nicht süß:

[1] E. v. Skramlik, Handbuch der Physiologie der niederen Sinne. Leipzig 1926, S. 409.

[2] Die Erscheinung erinnert daran, daß auch für den menschlichen Geschmack von zwei stereoisomeren Körpern der eine süß, der andere geschmacklos oder bitter sein kann. Besonders auffallend ist dies bei den Aminosäuren. Aber hier handelt es sich, soviel ich sehe, stets um eine Umstellung an *einer* ausgezeichneten Atomgruppe, während bei den vorliegenden Zuckern schon die Umstellung an einer Atomgruppe unter mehreren gleichartigen für den Geschmack ausschlaggebend zu sein scheint.

Tabelle 1.

Kategorie	Stoff	Süßungsgrad (1 mol des Stoffes = .. mol Rohrzucker) für Bienen	für Menschen	Empirische Formel	Konstitutionsformel[3]
Monosaccharide (Hexosen)	**Glucose** (Traubenzucker)	$^1/_2$—$^1/_4$ [1]	$^1/_2$—$^1/_4$ [2]	$C_6H_{12}O_6$	CHO H—C—OH HO—C—H H—C—OH H—C—OH CH_2OH
	Galactose	0	ca. $^1/_4$	$C_6H_{12}O_6$	CHO H—C—OH HO—C—H HO—C—H H—C—OH CH_2OH
	Mannose	0	ca. $^1/_4$	$C_6H_{12}O_6$	CHO HO—C—H HO—C—H H—C—OH H—C—OH CH_2OH
	Fructose (Fruchtzucker)	$^1/_2$—$^1/_4$	$^1/_2$	$C_6H_{12}O_6$	CH_2OH CO HO—C—H H—C—OH H—C—OH CH_2OH
	Sorbose	0	$^1/_2$—$^1/_4$	$C_6H_{12}O_6$	CH_2OH CO HO—C—H H—C—OH HO—C—H CH_2OH
Sechswertige Alkohole	Mannit	0	ca. $^1/_4$	$C_6H_{14}O_6$	CH_2OH HO—C—H HO—C—H H—C—OH H—C—OH CH_2OH

[1] Näher an $^1/_2$. [2] Näher an $^1/_4$.
[3] Die Formeln drücken die Konfiguration aus, aber ohne Berücksichtigung der Ringbildung durch Vermittlung einer O-Brücke. Hierüber vgl. S. 199.

Tabelle 1 (Fortsetzung).

Kategorie	Stoff	Süßungsgrad (1 mol des Stoffes = .. mol Rohrzucker) für Bienen	für Menschen	Empirische Formel	Konstitutionsformel
Sechswertige Alkohole	Dulcit	0	ca. $^1/_4$	$C_6H_{14}O_6$	CH_2OH $H-C-OH$ $HO-C-H$ $HO-C-H$ $H-C-OH$ $C-H_2OH$
	Sorbit	0	ca. $^1/_4$	$C_6H_{14}O_6$	CH_2OH $H-C-OH$ $HO-C-H$ $H-C-OH$ $H-C-OH$ CH_2OH
Glucoside	α-Methyl-Glucosid	ca. $^1/_4$	ca. $^1/_4$	$C_7H_{14}O_6$	$H-C-O\cdot CH_3$ $H-C-OH$ $HO-C-H$ O $H-C-OH$ $H-C$ CH_2OH
Pentosen	Arabinose	0[1]	$^1/_2$—$^1/_4$	$C_5H_{10}O_5$	CHO $H-C-OH$ $HO-C-H$ $HO-C-H$ CH_2OH
	Xylose	0	$^1/_4$	$C_5H_{10}O_5$	CHO $H-C-OH$ $HO-C-H$ $H-C-OH$ CH_2OH
	Rhamnose (Methyl-pentose)	0	$^1/_2$—$^1/_4$	$C_5H_{12}O_5$	CHO $H-C-OH$ $H-C-OH$ $HO-C-H$ $HO-C-H$ CH_3
Vierwertige Alkohole	Erythrit	0	$^1/_4$—$^1/_8$	$C_4H_{10}O_4$	CH_2OH $H-C-OH$ $H-C-OH$ CH_2OH

[1] Sicher unter $^1/_{16}$; vielleicht $^1/_{16}$—$^1/_{32}$; es stand mir leider nur wenig Substanz zur Verfügung.

Tabelle 2. Bei den Konstitutionsformeln der Disaccharide, die der neuesten Arbeit von HAWORTH[1] entnommen sind, ist im Interesse der Übersichtlichkeit die Konfiguration der Komponenten nicht zum Ausdruck gebracht; sie ist aus den Formeln in der Tabelle 1 zu ersehen. Die Formel der Trehalose ist älteren Datums und dürfte, was die Spannweite der O-Brücken betrifft, nicht als gesichert gelten.

Kategorie	Stoff	Süßungsgrad (1 mol des Stoffes = .. mol Rohrzucker) für Bienen	für Menschen	Empirische Formel	Komponenten	Konstitutionsformel
Disaccharide	Saccharose (Rohrzucker)	1	1	$C_{12}H_{22}O_{11}$	Glucose Fructose	CH_2OH (rechts) —CH — O—C— CH · OH CH · OH O O CH · OH CH · OH CH · OH CH— —CH CH_2OH CH_2OH
	Trehalose	$^1/_2$—$^1/_4$	$^1/_2$—$^1/_4$	$C_{12}H_{22}O_{11}$	Glucose Glucose	—CH — O—CH— CH · OH CH · OH O CH · OH CH · OH O CH CH CH · OH CH · OH CH_2OH CH_2OH
	Maltose	1—$^1/_2$	$^1/_2$—$^1/_4$	$C_{12}H_{22}O_{11}$	Glucose Glucose	—CH · OH CH— CH · OH CH · OH O CH · OH CH · OH O CH — α O CH · OH —CH CH— CH_2OH CH_2OH
	Cellobiose	0	$^1/_2$—$^1/_4$	$C_{12}H_{22}O_{11}$	Glucose Glucose	—CH · OH CH— CH · OH CH · OH O CH · OH CH · OH O CH — β O CH · OH —CH CH— CH_2OH CH_2OH
	Lactose (Milchzucker)	0	$^1/_2$—$^1/_4$	$C_{12}H_{22}O_{11}$	Glucose Galactose	
	Melibiose	ca. $^1/_{24}$	$^1/_2$—$^1/_4$	$C_{12}H_{22}O_{11}$	Glucose Galactose	—CH · OH CH— O CH · OH CH · OH CH · OH CH · OH O CH · OH CH · OH —CH CH— CH_2 — β O CH_2OH
Trisaccharide	Melezitose	ca. $^1/_2$	ca. $^1/_2$	$C_{18}H_{32}O_{16}$	Glucose Glucose Fructose	Glucose < Fructose < > Glucose
	Raffinose	0	ca. $^1/_2$	$C_{18}H_{32}O_{16}$	Glucose Fructose Galactose	Galactose < Glucose < > Fructose

[1] W. N. HAWORTH, J. V. LOACH und CH. W. LONG, Journ. of the chem. soc. (London) 1927, S. 3146. Ich verdanke den Hinweis auf diese soeben erschienene Arbeit Herrn R. WILLSTÄTTER, dem ich auch sonst für mehrfache Beratung sehr verpflichtet bin.

CHO
H—C—OH
HO—C—H
H—C—OH
H—C—OH
CH_2OH
d-Glucose (süß)

CH_2OH
CO
HO—C—H
H—C—OH
H—C—OH
CH_2OH
d Fructose (süß)

CHO
HO—C—H
HO—C—H
H—C—OH
H—C—OH
CH_2OH
d-Mannose (nicht süß)

CH_2OH
H—C—OH
HO—C—H
H—C—OH
H—C—OH
CH_2OH
d-Sorbit (nicht süß)

Wir werden so zu der Annahme geführt, daß der Süßgeschmack der Glucose und Fructose nicht auf einem beiden Stoffen gemeinsamen Konstitutionsmerkmal beruht, sondern daß er in beiden Fällen, und unabhängig voneinander, auf die spezifische Konstitution des ganzen Moleküls zurückzuführen ist, wenn er überhaupt konstitutionell erklärt werden kann.

Auffallend ist, wie verschieden sich bei der *Glucose* eine Veränderung am 1. Kohlenstoffatom (an der Aldehydgruppe) auswirken kann: bei der Methylierung dieser Gruppe bleibt der Süßgeschmack erhalten (*α-Methyl-Glucosid*), bei ihrer Überführung in eine primäre Alkoholgruppe geht er verloren (*Sorbit*, vgl. Tab. 1). Dieser Befund legt die Vermutung nahe, daß ein Konstitutionsmerkmal, welches in den oben gebrauchten Formeln *nicht* zum Ausdruck kommt, für den Geschmack von Wichtigkeit sein könnte. Nun wird seit Tollens allgemein angenommen, daß in einer wässerigen Zuckerlösung höchstens ein geringer Teil des Zuckers in Form von einfachen Kohlenstoffketten vorhanden ist, während in der Mehrzahl der Moleküle eine Art Ringbildung durch Vermittlung einer O-Brücke angenommen wird. Für die *Glucose* gilt so beispielsweise eine Formel von folgender Art:

H—C—OH ┐
H—C—OH │
HO—C—H O
H—C—OH │
H—C———┘
CH_2OH
d-Glucose (süß)

Beim *α-Methyl-Glucosid* (für die Bienen süß) bleibt diese „Sauerstoffbrücke" erhalten, beim *Sorbit* (nicht süß) aber nicht:

H—C—O · CH_3 ┐
H—C—OH │
HO—C—H O
H—C—OH │
H—C———┘
CH_2OH
α-Methyl-Glucosid (süß)

CH_2OH
H—C—OH
HO—C—H
H—C—OH
H—C—OH
CH_2OH
Sorbit (nicht süß)

Allein das Vorhandensein der Sauerstoffbrücke kann allerdings für den Geschmack nicht ausschlaggebend sein, da sie auch *nicht süßen* Zuckerarten zukommt. Es ist aber ihre *Spannweite* bei den verschiedenen Zuckerarten ungleich, und diese könnte, im Verein mit anderen Konstitutionsmerkmalen, von Bedeutung sein. Leider ist die Lage der Sauerstoffbrücke bei manchen Zuckern noch so unsicher bekannt, daß bindende Schlüsse zunächst nicht möglich sind.

Für die bisher geprüften *Di-* und *Trisaccharide* kann als Regel gelten, daß sie für die Bienen süß sind, wenn sie als Bausteine *süße* Monosaccharide (Glucose oder Fructose) enthalten, daß sie aber für die Bienen nahezu oder völlig geschmacklos sind, sobald am Aufbau ein Galactose-Molekül beteiligt ist; diese ist also nicht nur an sich für die Bienen geschmacklos, sondern vernichtet auch in der Verkettung mit Glucose oder Fructose deren Süßgeschmack.

Von der letztgenannten Regel habe ich bisher keine Ausnahme gefunden: *Lactose* (Glucose-Galactose), *Melibiose* (Glucose-Galactose), *Raffinose* (Glucose-Fructose-Galactose) waren für die Bienen nahezu oder völlig geschmacklos.

Der ersten Regel aber fügt sich nicht die Cellobiose. Während *Saccharose* (Glucose-Fructose), *Trehalose* (Glucose-Glucose), *Maltose* (Glucose-Glucose), *Melezitose* (Glucose-Glucose-Fructose) für die Bienen süß sind, hat die *Cellobiose* (Glucose-Glucose) für sie keine Süße und, wie es scheint, sogar einen fremdartigen Geschmack.

Wie also bei den Monosacchariden der Geschmack nicht nur von den beteiligten Atomgruppen, sondern auch von der speziellen Art ihrer Gruppierung abhängt, so wird er offenbar bei den Disacchariden nicht nur durch die beiden Komponenten an sich, sondern auch durch die Art ihrer Verknüpfung bestimmt. Hierbei fällt wieder auf, daß sehr verschieden konstituierte Disaccharide geschmacksphysiologisch gleich wirken, so die *Saccharose* (nicht reduzierend, durch die beiden Carbonyle verknüpft) und die *Maltose* (reduzierender Zucker, eine Carbonylgruppe ist frei, an der Verknüpfung sind eine Carbonyl- und eine Hydroxylgruppe beteiligt), während andererseits zwei Disaccharide, welche nicht nur die gleichen Komponenten, sondern auch eine gleichartige Verknüpfung aufweisen und sich nur dadurch unterscheiden, daß zwei Glucosereste, das eine Mal in α-Bindungsform, das andere Mal in β-Bindungsform, aneinanderhän-

gen[1] (*Maltose* und *Cellobiose*) auf das Geschmacksorgan der Bienen total verschieden wirken können.

Eine einfache und einleuchtende Beziehung zwischen Süßgeschmack und chemischer Konstitution hat sich also auch bei den wenigen Süßstoffen, die von den Bienen als solche angenommen werden, nicht ergeben. Wir können nur feststellen, daß kleinste Veränderungen in der Konfiguration der Zucker schon von ausschlaggebender Bedeutung für ihren Geschmack sind. Vielleicht werden sich doch noch gewisse Gesetzmäßigkeiten finden lassen, wenn es möglich sein wird, die Untersuchung auf weitere, leider sehr schwer zu beschaffende Vertreter der seltenen Zuckerarten auszudehnen.

[1] Bei der Glucose (und anderen Zuckern) kann die OH-Gruppe am 1. Kohlenstoffatom rechts oder links stehen und dementsprechend kann die Verknüpfung mit einem Radikal (bei der Maltose die Verknüpfung mit dem zweiten Glucoserest) rechtsseitig (α-Bindungsform) oder linksseitig (β-Bindungsform) erfolgen.

Zuschriften.

Der Herausgeber bittet, die *Zuschriften* auf einen Umfang von *höchstens* einer Druckspalte zu beschränken, bei längeren Mitteilungen muß der Verfasser mit Ablehnung oder mit Veröffentlichung nach längerer Zeit rechnen.

Für die Zuschriften hält sich der Herausgeber nicht für verantwortlich.

Molekulargewicht von Nitrocellulose in Campherschmelzen.

(Vorläufige Mitteilung.)

Bei der Aufstellung des Schmelzdiagrammes für das System Campher-Nitrocellulose lassen sich aus den Schmelzpunktsdepressionen in einem Konzentrationsbereich bis zu 15% Molekulargewichte für Nitrocellulose errechnen, die einem C_6-Molekül entsprechen (280—315 gefunden, 286 berechnet).

Die verwendete Nitrocellulose wurde aus Nitrierpapier in üblicher Weise hergestellt und stabilisiert. Nach mehrmaligem, sorgfältigem Umfällen aus Aceton wurde ein weißes Pulver mit einem Stickstoffgehalt von 13,5% erhalten. Diesem Stickstoffgehalt entspricht ein mittleres Molekulargewicht von 286 (2,76 NO_2-Gruppen pro $C_6H_{10}O_5$). Die Molekulardepression des Camphers wurde mit Naphthalin in

g-Nitrocellulose in 10 g Campher	0,530	0,553	0,620	0,830	1,30	2,0	3,50
Beobachteter Schmelzpunkt	171,5°	172,0°	170,5°	167,0°	161,0°	160,0°	170,0°
Beobachtete Depression	7,5°	7,0°	8,5°	12,0°	18,0°	19,0°	9,0°
Molekulargewicht (nach RAOULT)	282	315	292	280	288	400	1557

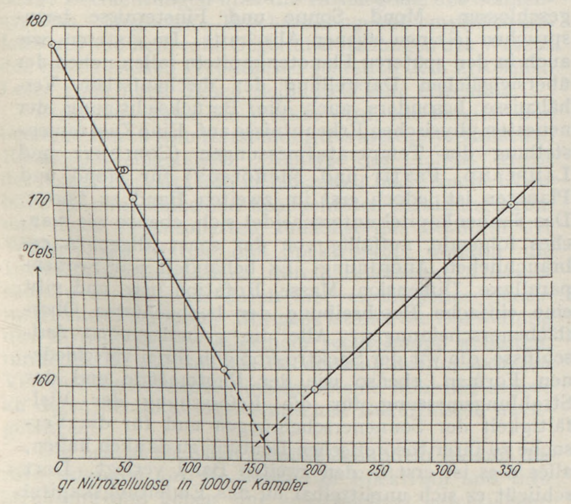


Fig. 1. Schmelzdiagramm für das System Nitrocellulose-Campher.

Übereinstimmung mit der Angabe von RAST[1] zu 40°[2] bestimmt. Die gefundenen Molekulargewichte sind in der vorstehenden Tabelle (vgl. auch Figur) zusammengestellt.

Der Schmelzpunkt des verwendeten Camphers war 179°.

Die Untersuchung wird fortgesetzt.

Berlin-Dahlem, Kaiser Wilhelm-Institut für Chemie, Abteilung HESS, den 29. März 1928.

C. TROGUS und M. ABD EL SHAHID.

[1] RAST, B. 55, 1051, 3727. 1922; H. 126, 111. 1923.

[2] Bezogen auf 1 Mol Substanz in 1000 g Campher.

Ausfallende Linien in optisch erregten Joddampffluorescenzbanden.

Unter dieser Überschrift haben WOOD und LOOMIS im letzten Februarheft der Nature 121, 283. 1928 eine vorläufige Mitteilung über Beobachtungen veröffentlicht, die sie an durch Einstrahlung der grünen Hg-Linie 5461 Å angeregtem Joddampf angestellt haben: bei Zumischung von He zum Joddampf werden die ursprünglich angeregten Resonanzdubletts nicht in die vollständigen Banden überführt, sondern es fehlt in diesen Banden jede zweite Linie. Es verlohnt vielleicht, darauf hinzuweisen, daß diese Beobachtung in einem inneren Zusammenhang mit einer Bemerkung stehen dürfte, die HULTHÉN vor kurzem publiziert hat (Zeitschr. f. Phys. 46, 349. 1928). Nach HULTHÉN besteht nämlich eine vollständige Teilbande einer durch Elektronensprung und Änderung der Rotations- und Kernschwingungsquantenzahl hervorgerufenen Bande im Sichtbaren oder Ultraviolett aus zwei Systemen, die nicht miteinander kombinieren. Für den einfachsten hier allein interessierenden Fall, wie er in den Jodbanden vorliegt (nur ein P- und ein R-Zweig), stellt sich das so dar, daß wenn man die Rotationsquantenzahlen im unteren Elektronenzustand mit m', die im oberen Elektronenzustand mit m bezeichnet, von einem Anfangszustand m durch Emission nur ein Übergang nach $(m+1)'$ oder $(m-1)'$ und von dort wieder durch Absorption nur Übergänge nach m, $m+2$ oder $m-2$ möglich sind. Durch beliebige weitere Ein- und Ausstrahlungsprozesse kann (nun unter Weglassung der nur als Zwischenstufen benutzten unteren Elektronenzustände) die Rotationsquantenzahl von ihrem Anfangswert sich immer nur um gerade Zahlen ändern, d. h. es gibt überhaupt keine Möglichkeit, durch einen Strahlungsprozeß von m nach $m+1$ oder $m-1$ zu gelangen. Genau dasselbe gilt aber, wie die Untersuchungen von WOOD und LOOMIS lehren, für Stoßprozesse: ist der durch primäre Einstrahlung

erreichte Rotationszustand *m*, so fehlen in dem durch He-Beimischung entstehenden Bandenspektrum die von $m \pm 1$, $m \pm 3$ usw. ausgehenden Linien: wir haben hier also wieder ein neues Beispiel dafür, daß die Auswahlregeln, die für strahlende Übergänge gelten, zum mindesten mit großer Annäherung auch für durch Stöße ausgelöste Übergänge erhalten bleiben. Auch haben sowohl WOOD und LOOMIS wie HULTHÉN die von ihnen entdeckte Gesetzmäßigkeit auf die gleiche Ursache zurückgeführt, nämlich auf die nach der Quantenmechanik zu erwartende Unwahrscheinlichkeit von Übergängen zwischen durch symmetrische und antisymmetrische Eigenfunktionen charakterisierten Zuständen.

Ganz anders als in diesen mit einem Elektronensprung gekoppelten Fällen von Änderungen der Rotationsquantenzahlen müssen die Verhältnisse für die ultraroten reinen Rotations- bzw. Rotationsschwingungsbanden liegen; denn diese — etwa die Rotationsbanden der Halogenwasserstoffe — sind nur durch Übergänge der Rotationsquantenzahl von *m* auf $m \pm 1$ unter Konstanthaltung der Elektronenkonfiguration zu deuten; für derartige heteropolare Moleküle müssen sicher auch durch Stoßprozesse Änderungen der Rotationsquantenzahl um eine Einheit die größte Wahrscheinlichkeit besitzen.

Berlin, den 22. März 1928.

PETER PRINGSHEIM.

Besprechungen.

RUSSELL, H. N., R. S. DUGAN und J. Q. STEWART, **Astronomy.** (A revision of Youngs Manual of Astronomy.) Volume I: The Solar System. XI, 470 S., IX (Appendix) und 183 Abbildungen. Preis geb. sh. 10/6 (RM 10.60). Volume II: Astrophysics and Stellar Astronomy. XII, 462 S., VI (Appendix) und 124 Abbildungen. Preis geb. sh. 10/6 (RM 10.60). Boston, London u. a.: Ginn and Company 1926—1927. 15 × 23 cm.

An Gesamtdarstellungen des astronomischen Wissens in gemeinverständlicher Abfassung besitzen wir in Deutschland bereits mehrere moderne Werke. So vor allem in der durch die Astronomen des Potsdamer Astrophysikalischen Observatoriums, H. LUDENDORFF und EBERHARD, FREUNDLICH, KOHLSCHÜTTER besorgten Neubearbeitung des „Newcomb-Engelmann, Populäre Astronomie" (Engelmann, Leipzig), ferner auch in dem unter Mitwirkung einer großen Zahl von Fachgelehrten von J. HARTMANN herausgegebenen Teilband „Astronomie" des Sammelwerkes „Kultur der Gegenwart" und in dem ganz neuen GRAFFschen „Grundriß der Astrophysik" (beide Teubner, Leipzig). Entsprechend der Tatsache, daß sich das Schwergewicht der Forschung in den letzten Jahrzehnten immer mehr nach den astrophysikalischen Problemen hin verschoben hat, werden diese in den neueren Werken gegenüber denen der messenden und der theoretischen Astronomie überwiegend bevorzugt. Der große, allgemeine Leserkreis, dem die meisten dieser Werke zugedacht sind, erfordert ein Zurücktreten mathematischer Behandlungsweise, wie überhaupt das Vermeiden einer lehrhaften Darstellungsart, etwa mit Übungsaufgaben für Rechnung und Gedanken. Dadurch, daß das im vorliegenden zu referierende Buch sich ganz auf den Charakter eines Lehrbuches einstellt und sich alle dessen Möglichkeiten, Vorzüge und Schwierigkeiten der lehrhaften Darstellungsart, zu eigen macht, weicht es in seiner Tendenz vom Newcomb-Engelmann und anderen Werken grundsätzlich ab.

HENRY NORRIS RUSSELL, einer der führenden astronomischen Köpfe und jetziger Nachfolger Prof. YOUNGS in der Leitung des Princeton University Observatory — dem auch seine beiden Mitarbeiter DUGAN und STEWART angehören — hat sich mit der Herausgabe des YOUNGschen Manuel of Astronomy ein großes Verdienst erworben. Seit fast 20 Jahren, seit dem Tode CH. A. YOUNGS im Jahre 1908, waren dessen bis dahin stets ergänzten beiden Hauptwerke, „Manuel of Astronomy" und „General Astronomy" unverändert geblieben. Die jetzige Neuherausgabe des Manuel durch RUSSELL bedeutete daher, wie dieser selbst ausführt, größtenteils eine völlige Neudarstellung des Stoffes. In seinem Ausmaß reiht sich das neue Buch jetzt etwa zwischen die beiden erwähnten YOUNGschen Werke ein.

Der *erste Band* wird eingeleitet durch eine kurze treffende Allgemeinbetrachtung über die Begriffsbestimmung der Astronomie, ihre Einteilung und Untersuchungsmethoden, ihre Beziehung zu anderen Wissenschaften und ihre Bedeutung für Öffentlichkeit, Erziehung und Philosophie. Hieran schließen sich die 13 Hauptkapitel des Bandes an. Die ersten drei behandeln die Orientierung auf der Himmelskugel, die Koordinatensysteme, ihre Umrechnung, die Maßeinheiten und die verschiedenen Instrumente zu ihrer Bestimmung und geben sodann einen Abriß der Aufgaben der praktischen Astronomie. Allen diesen und den meisten folgenden Kapiteln sind als Anhang Literaturnachweise und als besonders treffliche Einrichtung ein Abschnitt „Exercices" beigefügt. Diese meist recht zahlreichen Übungsaufgaben wenden sich oft weniger an den Rechenstift des Lesers als an seine begrifflich klare Durchdringung des Stoffes; und diese bereitet ihm dann um so mehr Freude und Sicherheitsgefühl, da ihn vordem die Einfachheit der Fragestellung oder besondere Eigenart in ihrer Formulierung vielleicht manchmal verblüfft haben mag.

In den nächsten beiden Kapiteln wird, mit Ausblicken auf geophysikalische Probleme, die Erde als Himmelskörper betrachtet und an die Darstellung ihrer Bewegungsverhältnisse die Erläuterung der Aberration, Präzession, Nutation und des Kalenderwesens angeschlossen. Mond, Sonne und Finsternisse beanspruchen je einen eigenen Abschnitt. Im ersteren, wie auch in den späteren Planetenkapiteln fallen neben der übersichtlichen Darstellung der mechanischen Verhältnisse besonders auch die Berücksichtigung der neuesten physischen Erkenntnisse auf. Eine Zusammenstellung der Temperaturmessungen (COBLENTZ und LAMPLAND, PETTIT und NICHOLSON) für Mond und Planeten ist jedoch erst im zweiten Band zu finden. Das Sonnenkapitel unterscheidet sich, ebenso wie manches folgende, auffällig von der sonst allgemein gebräuchlichen Anordnung. Es behandelt nur Sonnenparallaxe, Dimension, Masse, Rotation usw. und gibt eine einfache Beschreibung der beobachteten Oberflächenerscheinungen. Alle die grundlegenden Aufschlüsse, die wir der Spektroskopie in ihren verschiedenen Formen, ebenso wie der Photometrie und der Strahlungsmessung für die Erforschung der Vielfältigkeit der Sonnenerscheinungen und für die Versuche zu ihrer theoretischen Deutung zu danken haben, alles dies ist erst in den zweiten Band verlegt. Dort schließt es sich unmittelbar an das Einleitungskapitel über die Analyse des Lichtes an, in welchem auch erst die entsprechenden instrumentellen Hilfsmittel vor-

geführt werden. Es mag nicht jedermanns Sache sein, eine solche Zerreißung des Stoffes zu billigen. Gewisse, nicht nur formale Vorteile sind jedoch nicht zu leugnen, vollends wenn man sich die ganze Darstellungsart der im zweiten Bande sehr sorgfältig in sich gerundeten Sonnenphysik und ihrer Beziehungen zur Atomtheorie näher vor Augen führt.

Das neunte Kapitel bringt eine allgemeine Darstellung des Planetensystems als mechanische Einheit und die Grundlagen für die Bestimmung der Bahnelemente und der anderen charakteristischen Daten. Die Einzelglieder des Planetensystems sind dann noch in den beiden übernächsten Kapiteln ausführlicher behandelt. Auch hier fällt, wie überhaupt an vielen Stellen des Buches, das schöne und vielfach originelle Bildmaterial auf, das sowohl in photographischer, wie in schematisch-zeichnerischer Hinsicht sich von Veraltetem erfreulich freizuhalten weiß.

Recht wertvoll ist das zehnte Kapitel, das auf 49 Seiten einen ausgezeichneten Überblick über die Grundzüge der Himmelsmechanik vermittelt. Von den allgemeinen Eigenschaften der Zentralbewegung ausgehend, wird über die KEPLERschen Gesetze und das Gravitationsgesetz zu den Grundgleichungen des Zweikörperproblems übergegangen und die allgemeine Problemstellung der Bahnbestimmung erörtert. Auch ein kleiner Abschnitt über den der Schwere entgegenwirkenden Strahlungsdruck (Kometenschweifbildung) fehlt nicht. Eine anschauliche Durchdringung des Dreikörperproblems und der gestörten Bewegung im allgemeinen führt zur Diskussion verschiedener Fragen: der Stabilität des Planetensystems, der Mondtheorie, der Satellitenstörungen, der inneren Konstitution der Planeten u. a. Eingehend, auch hinsichtlich ihrer praktischen Bedeutung und Voraussage, werden die Gezeiten erörtert. Den Abschluß des Kapitels bildet eine knappe und allerdings nur ganz allgemein gehaltene Übersicht über die Aufgaben der Relativitätstheorie und ihre erfolgreiche astronomische Prüfung. Auch die im Spektrum des Siriusbegleiters erst kürzlich von ADAMS mit dem großen Mt.Wilson-Spiegel entdeckte beträchtliche Rotverschiebung wird in ihrer genauen Übereinstimmung mit dem relativistisch vorausgesagten Betrage bereits angeführt. Der Band wird abgeschlossen durch die Kometen und Meteore, ihre Bahnen, Herkunft und Zusammenhänge und durch einige Betrachtungen über die Kosmogonie des Sonnensystems. Möglichste Beschränkung auf empirisch Erfaßbares und lichtvolle Gegenüberstellungen des Wesens der verschiedenen Hypothesen gestalten dem kritischen Leser auch noch diesen Schlußteil sehr erfreulich.

Der *zweite Band* des Werkes wird, wie bereits oben bemerkt, durch eine Darstellung des astrophysikalischen Rüstzeuges eingeleitet. „Analyse des Lichtes" heißt der erste Abschnitt und er behandelt nach einem Überblick über die einzelnen beobachteten Strahlungsarten und deren Eigenschaften zunächst das Studium der Wellenlängen durch das Spektroskop, sodann die Intensitätsbestimmungen durch Bolometer, Thermosäule usw. wie auch durch die verschiedenen photometrischen Prinzipien. Übrigens ist hier die Darstellung des Instrumentellen allgemein recht knapp gehalten, immerhin ist aber bei der Behandlung der im späteren Verlaufe auftretenden Einzelprobleme wohl das meiste an deren beobachtungstechnischen Bedürfnissen nachgetragen.

Die beiden nächsten Kapitel behandeln sodann die Anwendungen auf die Sonne, ihr Spektrum und ihre Strahlung und geben eine ausgezeichnet geschriebene Darstellung. Die theoretischen Deutungsversuche bringt der Abschnitt „Atomtheorie und Astrophysik", wo der Leser mitten in die Kämpfe modernster Entwicklung hineingestellt wird. Die Entstehung der Spektren, die Anwendung der BOHRschen und der SAHAschen Theorien auf die Sonnenphänomene, auf Anwesenheit oder Fehlen einzelner chemischer Elemente und Linien, die mutmaßlichen Verhältnisse im Sonneninnern und anderes wird in einer fesselnden und dabei exakten, immer dem neuesten Stand der Dinge entsprechenden Weise auseinandergesetzt.

Alle noch folgenden neun Abschnitte sind den Sternen, ihren Bewegungen, individuellen Besonderheiten und ihrem Aufbau, sowie den Sternhaufen, den Nebeln, der Milchstraße und den Entwicklungsproblemen gewidmet. — Zunächst werden, in einen einzigen Abschnitt vereinigt, die Grundbegriffe und die allgemein-statistischen Ergebnisse der Stellarastronomie zusammengefaßt: Die Katalogisierung der Orte, der Helligkeiten und der Spektraltypen, ferner Farbenindex, Strahlungsmessung, sowie Sternverteilung, Eigenbewegung, Parallaxe, Radial- und Tangentialgeschwindigkeit, schließlich die absolute Helligkeit und die Beziehungen aller der verschiedenen Größen untereinander. Auf nur 52 Seiten wird so, durch zweckmäßige Tabellen unterstützt, die vollständige prinzipielle Grundlage für alles folgende aufgebaut.

Anschließend werden nun die Raumbewegungen der Sterne näher untersucht, die Sternströme, Apexbestimmungen, Asymmetrie der Geschwindigkeiten u. a. Für die Doppelsterne und die Veränderlichen sind eigene recht umfangreiche Abschnitte bestimmt. Hier wie auch an anderen besonders späteren Stellen dieses Bandes trägt manche Anschauung die persönliche Note RUSSELLS, in einer Weise jedoch, die den kritischen Leser kaum voreinnehmen wird. Dabei sei auch hingewiesen auf den Abschnitt über Leuchtkraft, Temperatur und Durchmesser der Sterne, wie auf den über den inneren Aufbau und die Sternentwicklung — hat doch der Autor selbst hier Pionierarbeit geleistet. Die so vielfach modifizierte Deutung der Leuchtkraft-Spektralbeziehung (des „Russelldiagramms") und den ganzen hierhergehörigen Komplex der gleicherweise schwierigen wie bedeutsamen Fragen wird man selten anderswo lichtvoller behandelt finden. Den Lesern, welche erstaunt wären, hier mancherlei mathematische Ansätze zu treffen, entgegnet RUSSELL bereits im vorhinein: „Die Beziehungen, welche beispielsweise absolute Helligkeit, Radius und Temperatur eines idealen Sternes (eines vollkommenen Strahlers) verknüpfen, sind wesentlich einfacher als die zwischen Rektaszension und Deklination — und Höhe und Azimut" und sie verdienen nach des Autors Meinung nicht minder alle Aufmerksamkeit. Und in der Tat, wir bemerken gerade in dieser Einstellung des Buches einen seiner besonderen Reize.

Daß die Sternhaufen, die Milchstraße und die Nebel gründlich behandelt sind, bedarf kaum besonderer Erwähnung. So werden etwa auch das durch SHAPLEY, RUSSELLS genialen Schüler, entwickelte kühne Weltbild der Kugelhaufen und auch HUBBLES letzte Untersuchungen über die außergalaktischen Nebel eingehend dargestellt. Den Schluß des Werkes bildet, wie bereits erwähnt, eine Auseinandersetzung mit den entwicklungsgeschichtlichen Hypothesen, die sich der Darlegung unserer Anschauungen über Sternatmosphären und über das Sterninnere anschließen. Auf den Ergebnissen EDDINGTONS, JEANS und anderer Forscher, und nicht zuletzt auch auf seinen eigenen Untersuchungen aufbauend, versucht RUSSELL ein einheitliches Bild zu entwerfen und diesem die Kosmogonie von Einzelstern,

Doppelstern, Sternhaufen und das Novaphänomen einzuordnen. Da in seinen Ausführungen das Primäre immer die Beobachtungstatsache bleibt und alles durchaus vorsichtig gesagt erscheint, so folgt man gern und angeregt den Einzelzügen dieser geistvollen Zeichnung.

Ein *Anhang* enthält u. a. im ersten Band Zahlentafeln der astronomischen Konstanten sowie der Planeten und Satelliten, sorgfältig ausgewählte reichhaltige Angaben. Sehr zu schätzen ist auch das als Anhang zum zweiten Band gebotene Zahlenmaterial. Nach einer Übersicht über die Sternbezeichnungen finden wir hier eine Zusammenstellung der neuesten astrophysikalisch bedeutsamen chemischen und physikalischen Daten, des periodischen Systems, der Ionisationspotentiale und zahlreicher atomtheoretischer und anderer Konstanten. — Fast alle mathematischen Ansätze haben, dem Rahmen des Ganzen entsprechend, nur einen elementaren Charakter, sind aber bei aller ihrer Sparsamkeit nie oberflächlich und immer das wesentliche kennzeichnend. Reichliche Anwendung von Kleindruck für Nebensächlicheres erleichtert die Konzentration des Lesers. Die einprägsame einfache Darstellungsweise empfindet man während der ganzen Lektüre des Buches als seltenen Vorzug.

Das großangelegte Werk zählt sicherlich zu den wichtigsten Erscheinungen in der neuzeitlichen astronomischen Literatur. Für das englische Sprachgebiet bedeutet es die Erfüllung eines dort lange gehegten Wunsches und die Ausfüllung einer fühlbaren Lücke. Aber auch in Deutschland wird das Buch — bei der Eigenart seiner Gliederung, der Auswahl der Materie, der erfahrenen Didaktik in ihrer Behandlung, der Hervorkehrung modernster Gesichtspunkte und nicht zuletzt auch bei seiner trotz wohlfeilem Preise ausgezeichneten buchtechnischen Ausstattung — seine wohlverdiente Wertung finden.

Arthur Beer, Reichenberg.

BIRTWISTLE, G., **The new Quantum Mechanics.** Cambridge: University Press 1928. XIII, 290 S. 14×22 cm. Preis 16 sh.

Das umfangreiche Werk bildet seinem Aufbau nach eine Fortsetzung des früheren Buches des Verfassers: The Quantum theory of the atom. Das neue Buch folgt daher im großen und ganzen der historischen Entwicklung der Quantentheorie und beginnt mit einer eingehenden Schilderung der Multiplettstrukturen und ihrer Zeemaneffekte. Dann erst werden die Prinzipien der Quantenmechanik entwickelt, mit einer sehr ausführlichen Wiedergabe der in der Literatur vorkommenden Rechnungen. Die Schrödingersche Theorie wird in ihren mathematischen Grundlagen dargestellt. Auch die Dirac-Jordansche Transformationstheorie wird kurz behandelt. Den Abschluß des Buches bildet ein kurzer Hinweis auf die neuen Versuche einer physikalisch einwandfreien Interpretation der quanten- und wellenmechanischen Gesetze. Da die Theorie, deren Schilderung der Verfasser unternommen, noch in ständiger Entwicklung begriffen ist, hat der Verf. von vornherein darauf verzichtet, die einzelnen Teile in ein großes zusammenfassendes Schema zu ordnen. Er hat dafür die Sammlung einer Fülle von Einzelheiten gegeben, die sonst in der Literatur zerstreut liegen. Der Student, der sich in die Methoden der neuen Quantentheorie einleben will, wird daher aus dem Buche viel lernen können. Auch als Nachschlagewerk wird es gute Dienste tun. Andererseits sind bei der Fülle der Einzelheiten auch manchmal Irrtümer unterlaufen (z. B. bei der Theorie der Zeemaneffekt-Intensitäten S. 207). Im ganzen bildet das Buch eine wertvolle Bereicherung unserer Literatur über moderne Atomphysik.

W. Heisenberg, Leipzig.

EDDINGTON, A. S., **Der innere Aufbau der Sterne.** Nach Ergänzung durch A. S. Eddington ins Deutsche übertragen von E. von der Pahlen. Berlin: Julius Springer 1928. VIII, 514 S. und 5 Abb. 16×24 cm. Preis geh. RM 28.—, geb. RM 30.—.

In den Naturwissenschaften 1927, Nr. 38 (September) habe ich so eindringlich auf die außerordentliche Bedeutung dieses Werkes hingewiesen, daß es sich erübrigt, an dieser Stelle das Erscheinen der vorliegenden gediegenen, deutschen Übersetzung näher zu begründen. Gegenüber dem Originale hat sie dadurch gewonnen, daß Eddington, der raschen Entwicklung astrophysikalischer Forschung seit 1926 Rechnung tragend, eine Reihe wertvoller Zusätze und Ergänzungen beigesteuert hat. Von diesen dürfte die im 10. Kap. dargestellte „Theorie einer Viscosität der Strahlung von J. H. Jeans" den kritischen Blick besonders fesseln, während das neugeschriebene 13. Kap., „Diffuse Materie im Raume", namentlich in Verbindung mit der Behandlung der durchdringenden Strahlung aus dem Weltenraume (S. 395), eine Fülle neuer Gedanken enthält.

R. Emden, München.

KLEIN, F., **Vorlesungen über die Entwicklung der Mathematik im 19. Jahrhundert.** Teil II: Die Grundbegriffe der Invariantentheorie und ihr Eindringen in die mathematische Physik. Für den Druck bearbeitet von R. Courant und St. Cohn-Vossen. Bd. XXV der Grundlehren d. math. Wiss. Berlin: Julius Springer 1927. X, 208 S. und 7 Abb. 16×24 cm. Preis geh. RM 12.—, geb. RM 13.50.

Der erste, stärkere Band dieser Vorlesungen ist 1926 erschienen. Eine „Leseprobe", die sich in den beiden ersten Heften des Jahrganges 1927 findet, unterrichtet den Leser dieser Zeitschrift am besten über ihre Eigenart. Insgesamt läßt sich der Inhalt des ersten Bandes dahin kennzeichnen, daß er die Entwicklung der einzelnen Zweige der mathematischen Forschung im 19. Jahrhundert bis 1880, anknüpfend an die hervorragendsten Forschergestalten, schildert.

Der Aufbau des vorliegenden zweiten Bandes knüpft weniger an die Personen an. Sein Ziel ist ein anderes, wennschon historische Bemerkungen, in Kleinscher Weise eingeflochten, den Einzelbetrachtungen einen weiteren Hintergrund verleihen. Die Vorlesungen stammen aus den Jahren 1915—1917, als die allgemeine Relativitätstheorie im Brennpunkt der Interessen stand. Klein hat die Gelegenheit benützt, auf den Parallelismus hinzuweisen, der zwischen den neuen Entwicklungen der Physiker und den älteren der Mathematiker bestand. Im Sinn der letzten Kapitel des ersten Bandes und des Erlanger Programms ist die Gruppentheorie als übergeordnetes Prinzip bei der Behandlung des Stoffes verwendet. Entsprechend dieser mathematischen Einstellung ist vor allem die *Methodik* der Relativitätstheorie plastisch herausgearbeitet; ihr physikalischer Inhalt wird nur gestreift. Kleins Ansicht, daß die so entstehende, in sich geschlossene Darstellung wegen der Einheitlichkeit des Gedankenganges gerade auch für den Physiker Interesse hat, wird man nur bestätigen können. Ich möchte diese Kleinsche Darstellung in ihrer Verflechtung mathematischer Lehren mit Problemen der Physik den Poincaréschen theoretisch-physikalischen Vorlesungen an die Seite stellen, denen sie didaktisch und bezüglich der von ihr ausgehenden Anregung jedoch überlegen scheint.

Wenn auch der vorliegende Band ein Bruchstück ist, da die geplanten und im Kleinschen Seminar auch vorgetragenen Schlußkapitel über allgemeine Relativi-

tätstheorie im Nachlaß nicht veröffentlichungsreif vorlagen und daher fortgelassen werden mußten, so ist es doch sehr schön, daß dies Werk der Allgemeinheit gerettet worden ist, das in ähnlicher Weise wohl kaum von anderer Seite hätte geschaffen werden können.

P. P. EWALD, Stuttgart.

DESCARTES, RENÉ, **La Géométrie.** Nouvelle édition. Paris: J. Hermann 1927. 91 S. 18 × 22 cm. Preis Frcs. 21.—.

Descartes' Géométrie erschien im Jahre 1637 als dritter Anhang des, ungebräuchlich zur damaligen Zeit, in französischer Sprache abgefaßten *Discours de la méthode etc.* Sie steht durch die Schaffung der analytischen Geometrie am Anfang der modernen Mathematik und macht die Bahn für die Infinitesimalmathematik frei. An dem damals aktuellen Problem des *Pappus*, „des Ortes zu drei oder mehr Geraden", das sich durch die beiden ersten der drei Bücher hinzieht, finden erstmalig in der Literatur, allerdings mit Absicht häufig dunkel und recht verschleiert, Methoden der analytischen Geometrie Anwendung. (*Fermats „Isagoge"*, 1637 bereits vollendet, erschien im Druck 1679.) Wenngleich die *Géométrie* alles andere darstellt als eine systematische analytische Geometrie, so ist doch deren Sinngehalt vollkommen erkannt und auch klar ausgesprochen: „*Prenant successivement infinies diverses grandeurs pour la ligne y, on en trouvera aussi infinies pour la ligne x, et ainsi on aura une infinité de divers points, tels que celui qui est marqué C, par le moyen desquels on décrira la ligne courbe demandée*" (S. 13). Das dritte Buch der *Géométrie* enthält die bekannten Untersuchungen über die Wurzeln von Gleichungen (*Cartesische* Zeichenregel usf.).

Die Neuherausgabe ist angesichts des steigenden Interesses an den Klassikern der Mathematik sehr zu begrüßen, sie ist trotz der sorgfältigen, mit Anmerkungen versehenen Übersetzung L. SCHLESINGERS in die deutsche Sprache auch für uns durchaus nicht überflüssig; denn bislang war man, sofern der französische Text berücksichtigt werden sollte, auf die Ausgaben der Gesamtwerke angewiesen. Der vorwiegend historisch eingestellte Mathematiker, der Wert auf entsprechende Schreib- und Bezeichnungsweisen legt, wird ein leises Bedauern wohl nicht unterdrücken können, daß der leichteren Lesbarkeit halber Angleichungen des Originals an unsere moderne Darstellung stattgefunden haben. Dieser Nachteil — wenn er überhaupt allgemeiner als ein solcher empfunden werden sollte — wird etwas wieder ausgeglichen durch besondere Hinweise an denjenigen Stellen, die Korrekturen erlitten haben. In bezug auf die mathematischen Zeichen handelt es sich um das Gleichheitszeichen, das bei DESCARTES ursprünglich den beiden ersten Buchstaben in *aequ.* nachgebildet war, die nicht durchgängig benutzte, von ihm allerdings eingeführte Potenzschreibweise, das Untereinanderschreiben der Glieder, um eine Klammer anzudeuten, den Punkt als Ausdruck des unbestimmten Vorzeichens und das Sternchen als Zeichen eines in der Gleichung fehlenden Gliedes.

Eines der Bildnisse DESCARTES' nach FRANZ HALS ist dem Buche beigegeben.

FRIEDRICH DRENCKHAHN, Rostock.

PTOLÉMÉE, CLAUDE, **Composition Mathématique,** traduite pour la premiere fois du grec en français par M. HALMA (avec le texte grec) et suivie des notes de M. DELAMBRE. (Réimpression fac-similé.) Paris: J. Hermann 1927. Tome premier LXXVI, 476 und 48 S., Tome deuxième. VIII, 448 und 40 S. 19×24 cm. Preis Frcs. 210.—.

Die *Composition mathématique* gibt die *Syntaxis* oder den *Almagest* (arab. das größte [Buch]) des KLAUDIUS PTOLEMÄUS und enthält das astronomische und trigonometrische Wissen der Zeit um 150 n. Chr., das dieser zusammenstellte und teilweise systematisch aufbaute.

Die vorliegenden zwei Bände sind ein genauer Abdruck der Ausgabe von HALMA aus den Jahren 1813 bis 1816, der die *Basler* Ausgabe unter Hinzuziehung mehrerer weiterer Handschriften (z. B. *Paris* 2389, *Venedig* 313 usf.) zugrunde liegt. Wir besitzen eine Textausgabe von HEIBERG und eine deutsche Übersetzung von MANITIUS. Die Ausgabe von HALMA galt und gilt noch heute als besonders bequem, da griechischer Text und französische Übersetzung nebeneinanderstehen. FRIEDRICH DRENCKHAHN, Rostock.

Handbuch der Experimentalphysik, herausgegeben von W. WIEN und F. HARMS. Bd. 14: **Kathodenstrahlen** von P. LENARD und A. BECKER, mit 131 Abbildungen. **Kanalstrahlen** von WILHELM WIEN mit 352 Abbildungen. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. 1927. 788 S. 17 × 24 cm. Preis geh. RM. 70.—, geb. RM. 72.—.

Das vorliegende Werk bildet den Band 14 des von W. WIEN und F. HARMS herausgegebenen Handbuches der Experimentalphysik und umfaßt in getrennter Darlegung die Gebiete der Kathodenstrahlen und der Kanalstrahlen.

Das erste Gebiet ist von P. LENARD und A. BECKER bearbeitet. Der Grundzug, der der ganzen Darstellung ihren besonderen Charakter gibt, ist die starke Betonung der experimentellen Einzeltatsachen gegenüber theoretischen Zusammenfassungen als „das Feststehende, wohin immer geflüchtet werden muß, wenn Theorie zu versagen scheint". Was hier geboten wird, ist eine auf den ersten Blick fast verwirrende Fülle experimentellen Materials, die sich aber unter der schöpferischen Hand LENARDS zu einem eigenartigen und weit umfassenden Bild der einschlägigen Erscheinungswelt abrundet.

Der ganze Stoff ist in 10 Hauptkapitel unterteilt, die ihrerseits wieder in einzelne Abschnitte zerfallen. Die Hauptkapitel sind I. Grundlagen, II. Allgemeines, III. Geschwindigkeitsverlust, IV. Grenzdicke, V. Absorption, VI. Intensitätsabfall, VII. Sekundärstrahlen, VIII. Energieverhältnisse, IX. Diffusion, X. Verhältnis von Ladung zur Masse der Elektronen.

Die Darstellung folgt im wesentlichen dem Gang der historischen Entwicklung. Bei dem überragenden Anteil, den LENARD an der Erforschung des ganzen Gebietes und speziell der Wechselwirkungen zwischen Kathodenstrahlen und Atomen bzw. Molekülen genommen hat, ist es selbstverständlich, daß seine persönliche Einstellung zu den verschiedenen Fragenkomplexen den Charakter des Werkes bestimmt. Die ganzen Darlegungen sind dadurch sehr geradlinig, von wunderbarer Lebendigkeit, aber unvermeidlich werden hierdurch auch gewisse Einseitigkeiten bedingt. So sind zwar in besonderen Kapiteln die in dem Handbuch verwendeten Definitionen und Bezeichnungen in sehr übersichtlicher Weise zusammengestellt; aber diese Bezeichnungen sind zum Teil so verschieden von den außerhalb der Heidelberger Schule meistens gebrauchten, daß sie für jemand, der mit dem Gebiet nicht schon vertraut ist, leicht verwirrend wirken können. Bedeutet das nur eine formale Schwierigkeit, so sind an anderen Stellen abweichende Auffassungen und zum Teil auch die Experimente, auf die sie sich gründen, unberücksichtigt geblieben. Beispielsweise wird nicht nur der Begriff der Reichweite für Elektronenstrahlen und die BOHRsche Theorie der Geschwindigkeitsänderung mit wenigen Worten abgelehnt,

sondern es fehlen auch die einschlägigen Untersuchungen von VARDER, SCHONLAND u. a. Im engen Zusammenhang hiermit stehen auch die einen Hauptteil des Buches beherrschenden Darlegungen über die Art der „echten" Absorption von Elektronenstrahlen, wonach als echte Absorption der vollständige Energieverlust in einem *einzigen* Elementarakt definiert und diesem Elementarakt besonders bei hohen Elektronengeschwindigkeiten eine sehr große Wahrscheinlichkeit zugesprochen wird. Die neueren Versuche nach der WILSONschen Nebelmethode scheinen aber eindeutig darauf hinzuweisen, daß auch ß-Strahlen von hoher Geschwindigkeit ihre Energie beim Durchgang durch Materie im allgemeinen stufenweise verlieren. Dafür spricht auch die geringe Ausbeute an Röntgenstrahlen bei Erregung durch Kathodenstrahlen.

Indessen, mag man beim Lesen des von LENARD und BECKER bearbeiteten Gebietes auch manche Einzelheiten vermissen, mancher Auffassung nicht zustimmen, so wird man doch den Reichtum des hier Gebotenen mit Dankbarkeit anerkennen.

Der von W. WIEN dargestellte Teil des Werkes ist eine erschöpfende Monographie der Kanalstrahlen, die sich auch im wesentlichen auf der historischen Entwicklung aufbaut. Das Gebiet an sich bedingt eine vorwiegende Wiedergabe der experimentellen Erscheinungen, da ein großer Teil derselben bisher einer zusammenfassenden theoretischen Deutung nicht zugänglich war.

Das Werk umfaßt 14 Hauptabschnitte: I. Erzeugung der Kanalstrahlen, II. Emissionshypothese, III. Lichterregung der Kanalstrahlen, IV. Chemische Wirkungen, V. Zerstäubung, VI. Wärmewirkung der Kanalstrahlen, VII. Elektrische Wirkungen der Kanalstrahlen; Ionisation und Absorption, VIII. Magnetische und elektrische Ablenkung der Kanalstrahlen, IX. Lichtaussendung der Kanalstrahlen, X. Allgemeine Theorie des Leuchtens der Kanalstrahlen, XI. Experimentelle Prüfung der Theorien, XII. Werden von Kanalstrahlen Strahlen nach Art der Röntgenstrahlen erregt?, XIII. Polarisation des von Kanalstrahlen ausgesandten Lichtes, XIV. Die Entstehung der Kanalstrahlen vor der Kathode.

Die Durcharbeitung des außerordentlich umfangreichen Stoffes zeigt die sichere Hand und souveräne Überlegenheit des Forschers, der selbst so ausschlaggebend an der Entwicklung des ganzen Gebietes mitgewirkt hat. Nicht nur eine wirklich lückenlose Wiedergabe aller wesentlichen Untersuchungen bis in die neueste Zeit hinein wird hier in großer Übersichtlichkeit und Klarheit geboten, sondern auch alle speziellen technischen Hilfsmittel, soweit sie irgend von Bedeutung sind, finden an geeigneter Stelle ihre Berücksichtigung. So wird, um nur einige Beispiele zu nennen, die von ASTON für die Massenspektroskopie ausgearbeitete Herstellung geeigneter photographischer Platten ausführlich dargelegt, ebenso die für spezielle Entladungserscheinungen maßgebenden Röhrenformen erörtert und vieles mehr.

Der Artikel wird seiner Aufgabe, ein Nachschlagewerk für alle auf dem Gebiet Arbeitenden zu sein, in bewundernswerter Weise gerecht.

LISE MEITNER, Berlin-Dahlem.

LEWIS, GILBERT NEWTON, **Die Valenz und der Bau der Atome und Moleküle.** Braunschweig: Friedr. Vieweg 1927. VIII, 200 S. und 27 Abbild. 14×21 cm. Preis geh. RM 12.—, geb. RM 14.—.

Das vorliegende kleine Buch von G. N. LEWIS ist bereits im Jahre 1923 in englischer Sprache erschienen und 1927 von G. WAGNER und H. WOLFF ins Deutsche übertragen worden, mit der Absicht, insbesondere die Chemiker mit den in Deutschland viel zu wenig beachteten Theorien des Verfassers über das Wesen der chemischen Bindung näher bekanntzumachen. Von diesem Gesichtspunkte aus ist diese deutsche Übersetzung des LEWISschen Buches aufs lebhafteste zu begrüßen. Denn dasselbe enthält eine Fülle von geistvollen Ideen, die, wenn sie auch zum Teil hypothetischer Natur sind und nicht das endgültige Stadium einer abgeschlossenen Theorie erreicht haben, doch in weitestem Umfange geeignet sind, nicht nur dem Chemiker sondern auch dem Physiker vielfache Anregungen zu geben. Der Inhalt des Buches zerfällt in zwei Teile. In dem ersten Teile werden die wichtigsten Ergebnisse der modernen Atomtheorie in einer elementaren, insbesondere für den Chemiker bestimmten Form dargestellt. Dieser Teil ist entsprechend der Zeit seiner Abfassung in vielen Einzelheiten heute als überholt zu bezeichnen. Auf der durch die Erkenntnisse der BOHRschen Atomtheorie geschaffenen Grundlage aufbauend entwickelt dann der Verfasser im zweiten Teile seine Theorie der chemischen Bindung. Diese hat viele Berührungspunkte mit den gleichzeitig (im Jahre 1916) von KOSSEL entwickelten Vorstellungen. Beiden Theorien gemeinsam ist z. B. die Annahme, daß die Bildung von „Achtergruppen" der Elektronen ausschlaggebend für das Zustandekommen der heteropolaren Verbindungen ist. Den Kernpunkt der LEWISschen Theorie bildet indessen die Vorstellung, daß die chemische Bindung, und zwar insbesondere die der homöopolaren Moleküle durch Bildung von „Elektronenpaaren" zustandekommt. Wie weit diese, insbesondere von LANGMUIR weiter ausgebaute Annahme tatsächlich geeignet und imstande ist, viele Tatsachen der chemischen Bindung in einfacher Weise zu erklären, wird im zweiten Teile des Buches in überzeugender Weise dargelegt.

Was der Lektüre dieses Buches einen besonderen Reiz verleiht, ist die Lebendigkeit, mit der der Verfasser seine Vorstellungen entwickelt. Sie läßt den Leser einen kräftigen Hauch verspüren von der sicher sehr originellen Persönlichkeit des Autors. So wird jeder Leser, der sich für die hier behandelten Fragen interessiert, in mehrfacher Hinsicht auf seine Kosten kommen.

W. GROTRIAN, Berlin-Dahlem.

WEIGERT, F., **Optische Methoden der Chemie.** Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. 1927. XVI, 632 S. und 341 Abbild. 16 × 24 cm. Preis geh. RM 36.—, geb. RM 38.—.

Zu den Sitzungen der Physikalischen Gesellschaft, die wohl jeder Zuhörer, um eine wertvolle Kenntnis bereichert, verlassen hat, und die ihm mehr oder weniger deutlich in Erinnerung geblieben sind, gehört eine Sitzung aus dem Sommer des Jahres 1919. FRITZ WEIGERT sprach über einen neuen Effekt der Strahlung in lichtempfindlichen Schichten, und ganz besonders überraschte eine Folgerung aus seinen Beobachtungen: die Folgerung, daß man isotrope Schichten durch Bestrahlung doppelbrechend machen kann, und daß man durch den neuen Effekt imstande ist, die Polarisationsebene des Lichtes ihrer Lage im Raume nach *photographisch festzulegen.* Die Projektionsbilder, die den Effekt deutlich zeigten, lösten bei den Zuhörern jene bekannte Bewegung aus, die stets durch eine größere durchweg interessierte Versammlung geht. Und das Erstaunen darüber, die Lage der Polarisationsebene so handgreiflich demonstrieren zu können, und ebenso darüber, daß diese Entdeckung erst so spät kam, waren gleich groß.

Die Arbeit, die WEIGERT damals mitteilte, ist nur

eine einzelne aus einer großen Reihe von wertvollen Arbeiten photochemischen Inhaltes und eines der Ergebnisse aus seiner vieljährigen Arbeit über die Beziehungen zwischen optischen und chemischen Prozessen. Die ungeheure Erfahrung, die er im Laufe der vielen Jahre auf diesem Gebiete gesammelt hat, hat er vor einiger Zeit in einem Buche zusammengefaßt, das allgemein die optischen Methoden der Chemie behandelt. Aber das Buch umspannt einen viel größeren Bereich, als der Titel vermuten läßt, es ist eigentlich ein Lehrbuch der Optik, das den Bedürfnissen des Chemikers angepaßt ist, und zugleich ein Praktikum, das den Chemikern sehr viel mehr zusagen wird als der immer umfangreicher werdende KOHLRAUSCH.

Die Gliederung des Buches ist klar und übersichtlich. Allgemeinen Bemerkungen über optische Instrumente und ihre Verwendung folgt ein Kapitel über die Lichtquellen, dann eines über Strahlenfilter, dann folgen Photographische Operationen, Spektroskopie, Photometrie, Spektralphotometrie, Kalorimetrie, Farbenmessung, Energiemessungen, Photochemische Messungen, Mikroskopie und Ultramikroskopie, ein Kapitel über Bestimmung derLichtbrechung, eines über die Analyse von polarisiertem Licht und schließlich ein Kapitel über Fluorescenz, Phosphorescenz und Luminescenz. Ein Anhang mit wertvollen spektroskopischen Tabellen beschließt das Buch. Mit dieser Aufzählung ist natürlich nur das Gerüst als Träger des Buches beschrieben. Eigentlich verlockt jedes Kapitel, auf Einzelheiten einzugehen, da jedes mit großer Liebe neben der bei WEIGERT selbstverständlichen Gründlichkeit behandelt ist. Vielleicht wird ein überkritischer Beurteiler finden, daß es nicht Sache eines Buches über die optischen Methoden der Chemie ist, auf Begriffe einzugehen, die z. B. der Theorie der optischen Instrumente angehören, wie Austrittspupille und Eintrittspupille, Blenden und Luken, auf die Theorie der mikroskopischen Bildentstehung, die numerische Apertur u. dgl. Aber gerade dieses und ähnliches erscheint dem Referenten als einer der Hauptvorzüge des Buches. (Hier fehlt übrigens der Verant von Zeiss — das für die *erschöpfende* Betrachtung von photographischen Amateuraufnahmen unentbehrliche Hilfsmittel.) Die Chemiker, die sich über derlei Dinge unterrichten wollen, waren bisher gezwungen, ausschließlich Lehrbücher der Physik zu Rate zu ziehen. Die aber gehen viel zu weit für die Nicht-Physiker auf diese Fragen ein und in einer für die Chemiker ganz gewiß nicht immer leichtverständlichen Weise. WEIGERT hat nur recht daran getan, wenn er den Chemikern diese Dinge auf seine Weise näher bringt. Ganz dasselbe gilt z. B. auch von den Apparaten zur Analyse von polarisiertem Licht. Seine Darstellung der Halbschattenapparate erscheint mir für die Chemiker sehr viel zweckmäßiger, weil verständlicher, als das im KOHLRAUSCH der Fall ist, der ja die Dinge für die Physiker bespricht und daher naturgemäß von vornherein mit Voraussetzungen rechnen kann, die den Chemikern gegenüber nicht zu rechtfertigen wären. Aus jedem einzelnen der 15 Kapitel ließen sich eine Fülle derartiger Einzelheiten hervorheben, die dem Buche einen besonderen Platz in der physikalisch-chemischen Literatur verschaffen werden. Die Sorgfalt, mit der WEIGERT Abbildungen und Tabellen behandelt, verdient besondere Erwähnung. Auch die einfachste Abbildung ist mit einer gut orientierenden Unterschrift versehen, die den Inhalt der Abbildung erklärt, und die Tabellen mit erklärenden Überschriften, die dasselbe leisten. Wer wie der Referent andauernd für diese Dinge zu sorgen hat und es trotz aller Mühe nicht hat erreichen können, daß die zu einem Aufsatz gehörigen Abbildungen von vornherein durchweg erklärende Unterschriften und die Tabellen erklärende Überschriften mitbringen, und der genau weiß, daß diese Kleinigkeiten für das Verständnis eines Aufsatzes, wenn auch nicht unerläßlich, aber überaus erleichternd sind, wird die Berechtigung einsehen, auch *das* an dem Buche von WEIGERT hervorzuheben. Zu alledem ist das Buch lesbar, d. h. in gutem Deutsch geschrieben, also unter den Büchern deutscher Zunge eine rara avis. Der Erfolg wird nicht ausbleiben. ARN. BERLINER, Berlin.

Botanische Mitteilungen.

Die Abhängigkeit der Wasserverdunstung in bewegter Luft von der Größe der Oberfläche. H. WALTER (Zeitschr. f. Botanik 18, 1—47. 1925), hat die allgemein verbreitete Ansicht einer Nachprüfung unterzogen, daß in bewegter Luft die Verdunstung proportional mit der Größe der wasserabgebenden Oberfläche zunehmen soll. Er hat zu diesem Zweck Versuche mit Pappmodellen ausgeführt, die entweder eine regelmäßige Form hatten (Quadrate, Kreise) oder nach großen und kleinen Pflanzenblättern (Pfeifenstrauch, Weinstock), ausgeschnitten waren. Die mit Wasser getränkten Pappstücke wurden an dünnen Drähten in einem Fensterrahmen aufgehängt und starker Zugwind erzeugt; auf eine Konstanz der verschiedenen Außenfaktoren wurde verzichtet, da diese im Freien starken Schwankungen unterworfen sind und es dem Verf. gerade darauf ankam, die Abhängigkeit der Verdunstung von der Größe der Oberfläche unter natürlichen Bedingungen zu untersuchen. Es ergab sich, daß die Verdunstungsgröße der 1,6. bis 1,7. Potenz der linearen Dimension oder der 0,80. bis 0,85. Potenz der Oberfläche proportional war; nach Ansicht des Verf. stimmen diese empirisch gefundenen Verhältnisse mit den theoretisch nach einer Formel von JEFFREYS, deren Ableitung in dankenswerter Weise im Anhang mitgeteilt wird, zu erwartenden überein; es ist aber immerhin zu beachten, daß nach dieser Formel Proportionalität mit der 1,5. Potenz der linearen Dimension bestehen sollte, daß also die Abweichung von diesem Werte nicht sehr viel geringer ist als die von der Flächenproportionalität. Auch ist etwas auffallend, daß in der Luft eines geschlossenen Raumes die Abhängigkeit der Verdunstung von der Flächengröße sich nicht wesentlich anders darstellt als in stark bewegter Luft; zur Erklärung nimmt Verf. an, daß auch in einem großen geschlossenen Raum die Luft als so weit bewegt angesehen werden müsse, daß die Gesetzmäßigkeit für bewegte Luft bereits Anwendung findet. Von wesentlichem Interesse ist auch der Befund, daß die genannte Abhängigkeit der Verdunstung von der Größe der Oberfläche nur bei Vergleich von ähnlichen Flächen gilt, dagegen nicht mehr, wenn die Form der Flächen verschieden ist; je zerteilter die Form, desto größer ist die Verdunstung auch in stark bewegter Luft. Ferner konnte in Übereinstimmung mit den theoretisch geforderten Verhältnissen gezeigt werden, daß bei nicht isodiametrischen Flächen auch die Lage zur Windrichtung eine Rolle spielt, indem die Verdunstung größer ist, wenn dem Winde die breite, als wenn ihm die schmälere Seite zugekehrt ist, so daß also eine Vergrößerung der Oberfläche durch Verlängerung

in der Windrichtung weniger zur Geltung kommt als eine solche durch Verbreiterung senkrecht zur Windrichtung. Für die Beurteilung der Transpirationsverhältnisse bei Pflanzen zieht Verf. aus seinen Versuchen den Schluß, daß eine Berechnung der Transpiration auf die Flächeneinheit zum Vergleich der Transpirationsfähigkeit verschiedener Blätter nicht zulässig sei, weil für die Verdunstungsgröße auch die Form der Fläche und die Windrichtung eine Rolle spielt und im einzelnen dadurch die Verhältnisse sich so kompliziert und unübersichtlich gestalten, daß eine zahlenmäßige Erfassung unmöglich wird. Verf. tritt deshalb dafür ein, zum Zweck des Vergleiches verschiedener Pflanzen in bezug auf ihre Transpirationsgröße diese auf 1 g Frischgewicht zu beziehen und er sucht durch Umrechnung des Zahlenmaterials aus Transpirationsversuchen von STOCKER zu zeigen, daß sein Verfahren nicht nur eine erhebliche Vereinfachung der Arbeitsmethode bedeutet, sondern auch ökologisch zu einer natürlicheren Anordnung der Pflanzen nach ihrem Wasserhaushalt führt. Zweifellos bietet diese Berechnungsweise, abgesehen von der rein praktischen Seite, den Vorteil, daß dabei auch die Oberflächenentwicklung der Pflanzen, d. h. das Verhältnis der Oberfläche zum Volumen, das im Wasserhaushalt wohl auch eine Rolle spielt, und nicht bloß die Größe der Oberfläche mitberücksichtigt wird; andererseits ist aber zu bedenken, daß die Oberfläche für physiologische Verhältnisse vielfach von so maßgebender Bedeutung ist, daß auch die Berechnung der Flächeneinheitstranspiration wohl immer von Wert sein wird. Offenbar bedürfen diese Fragen noch weiterer Klärung auch im Hinblick darauf, daß die Pappmodelle, mit denen Verf. arbeitete, von ziemlich bedeutender Größe waren und daher keinen Aufschluß darüber geben, wie sich die Dinge für Blätter von geringerer Größe darstellen. Jedenfalls zeigt auch diese Arbeit wieder, wie verwickelt die auf den Wasserhaushalt und die Verdunstung der Pflanzen bezüglichen physiologischen und ökologischen Fragen sind und wie weit wir noch von einem befriedigenden Einblick in diese Dinge entfernt sind.

Die Bedeutung der Rassenökologie für die Systematik und Geographie der Pflanzen behandeltG. TURESSON (Fedde, Repert. spec. nov. Beih. **41**, 15—37. 1926), indem er zunächst, im wesentlichen übereinstimmend mit einer früheren, ausführlicheren Arbeit, an der Hand einer ausgewählten Zahl von instruktiven Beispielen über die Ergebnisse seiner Kulturversuche mit Standorts- und Klimarassen verschiedener Arten berichtet. Die von ihm untersuchten Standortsformen sind nicht bloße Modifikationen eines gewissen hypothetischen Haupttypus, sondern erwiesen sich als erblich voneinander verschieden. Es handelt sich nicht nur um eine Aufteilung der Artpopulation in verschiedene Rassen nach den großen Klimazonen, sondern auch innerhalb eines begrenzteren Gebietes mit wechselnden topographischen und edaphischen Verhältnissen kann eine solche Aufteilung vorliegen. TURESSON zieht hieraus den Schluß, daß die Biotypenmannigfaltigkeit, aus der sich die gewöhnlichen LINNÈschen Arten zusammensetzen, in eine Anzahl von Biotypengruppen aufgeteilt ist, die er als Oecotypen bezeichnet und die aus der heterogenen Artpopulation durch die sortierende und kontrollierende Wirkung der an einem bestimmten Standort herrschenden ökologischen Faktoren herausdifferenziert wurden und die entsprechend spezialisiert sind. Für die Systematik folgert er daraus, daß die Annahme eines Haupttypus, dem Einheiten von niedrigerem Range untergeordnet werden, unhaltbar sei und daß das Artproblem zum großen Teil ein ökologisches Problem werde; die koordinierten Oecotypen, die morphologisch oft scharf abgegrenzt sind, sollen auseinandergehalten werden, aber der Zusammenhang zwischen ihnen darf nicht außer Sicht geraten; vom rassenökologischen Gesichtspunkte aus ist es daher verfehlt, diese Typen als Arten aufzustellen, vielmehr gewinnt gerade hier der LINNÈsche Artbegriff seine große Berechtigung, indem eine solche Art gewissermaßen eine einzige große Kreuzungsfamilie darstellt, deren Mitglieder sekundär durch die äußeren Faktoren in jene Oecotypen gruppiert wurden. Daneben ist auch noch eine rein topographische und eine Abstandsisolierung wirksam, die wohl darauf beruht, daß die Biotypen in der ursprünglichen Artpopulation nicht gleichmäßig verteilt gewesen sind und daß infolgedessen der gleiche Oecotypus z. B. in den Alpen eine etwas andere Ausgestaltung erfahren hat als in Skandinavien. In pflanzengeographischer Hinsicht ergibt sich — abgesehen von der grundsätzlichen Ausschaltung der Lamarckistischen Anschauungen, die in der Pflanzengeographie wohl immer noch eine ganze Reihe von Anhängern haben — zunächst ein leichteres Verständnis für die Erscheinung, daß eine Art über weit verschiedene Klimazonen verbreitet sein kann. Ferner wird auf die Tatsache hingewiesen, daß innerhalb mancher Arten in Skandinavien ein hochalpiner Oecotypus ausdifferenziert ist, der in den Alpen nicht angetroffen wird, obwohl die betreffenden Arten auch dort bis in die subalpine Region hinauf vorkommen, und umgekehrt. Die Erklärung hierfür leitet TURESSON daraus ab, daß eine Artpopulation, die sich von Norden nach Süden oder umgekehrt verbreitet, dabei eine Anzahl verschiedener Klimazonen durchwandert und durch sukzessiven Verlust von Erbeinheiten im Zusammenhang mit der Ausdifferenzierung von Oecotypen ihre genotypische Zusammensetzung ändert, so daß also die Artpopulation im Norden aus ganz anderen Biotypen besteht als im Süden und infolgedessen auch nicht befähigt ist, hier und dort die gleichen Oecotypen auszudifferenzieren. Freilich ist dieser letztere Gedankengang zunächst nichts als eine theoretische Konstruktion und man könnte vielleicht überhaupt — ohne selbstverständlich damit das hohe Interesse in Frage zu ziehen, das den TURESSONschen Versuchen ohne Zweifel zukommt — die Frage aufwerfen, ob die einstweilen doch immerhin vergleichsweise geringe Zahl von genauer bekannten Fällen zu so weitgehenden Verallgemeinerungen und so weitreichenden Schlußfolgerungen eine genügend breite Basis bietet; es dürfte erst noch durch umfassendere Untersuchungen der Nachweis erbracht werden müssen, ob wirklich ausnahmslos eurytope und stenotope Arten sich dadurch unterscheiden, daß erstere aus einer großen Zahl verschiedener Oecotypen zusammengesetzt sind, während den letzteren die Fähigkeit, solche aus sich hervorgehen zu lassen, ganz oder doch in hohem Grade abgeht. Daß, wie TURESSON meint, die Häufigkeit gewisser und die Seltenheit anderer Arten in den meisten Fällen nur hierauf beruhen sollte, erscheint vom pflanzengeographischen Standpunkte aus doch wohl als eine zu einseitige Stellungnahme, denn der Platz, den sich eine Art im Konkurrenzkampfe mit anderen in der natürlichen Vegetation zu erringen vermag, hängt doch von einer sehr großen Zahl verschiedener Eigenschaften ab. Die mit großer Konsequenz festgehaltene Lehre von der Konstanz der Biotypen stellt eine Frage dar, zu deren Entscheidung in letzter Linie selbstverständlich nur der Genetiker zuständig ist; für den Pflanzengeographen dürfte es aber immerhin schwer sein, sich mit der Vorstellung abzufinden, daß alle Differenzierungsvorgänge

nur auf einem Verlust von Erbeinheiten unter so gut wie völligem Ausschluß der Erwerbung von Neuanpassungen beruhen sollen. Auch die etwaigen aus den TURESSONschen Untersuchungen für die praktische Systematik zu ziehenden Schlußfolgerungen werden natürlich von der Entscheidung dieser Fragen wesentlich beeinflußt werden.

Die pflanzengeographische Stellung Schlesiens und die einschlägigen Verhältnisse der ganzen Osthälfte des norddeutschen Flachlandes erörtert W. LIMPRICHT in Englers Jahrbuch 60, S. 253—285, 1926, und kommt dabei zu manchen von den bisherigen Anschauungen abweichenden Ergebnissen. — Eine Reihe östlicher und südöstlicher Florenelemente sind von der Podolischen und der Zentralrussischen Platte aus in das Gebiet der ehemaligen Urstromtäler gelangt und teils nur bis zur jetzigen Weichsel, teils bis zur Oder und Elbe gewandert. In die unter atlantischem Einfluß stehende norwestdeutsche Heide treten diese sibirisch-pontischen Pflanzen nicht mehr über; im Elbegebiet liegt demnach ihre westliche Verbreitungsgrenze. Besonders reich an diesen Arten sind die Südabdachungen der Landrücken, die die Urstromtälei begleiten.

Von der alle Urstromsysteme umfassenden „Urstromprovinz" abzutrennen und der subatlantischen Provinz anzugliedern ist das niederschlesische Heidegebiet bei Görlitz, Haynau, Bunzlau usw. Schon das Breslau-Magdeburger-Urtal gehört von der Katzbach an zu dieser subatlantischen Provinz, die mit einer schmalen, über den Fläming und Neuhaldensleben verlaufenden Brücke mit der nordwestdeutschen Heidelandschaft in Verbindung steht. In früheren, kühleren Perioden reichte diese subatlantische Heideprovinz noch weiter nach Schlesien hinein; davon zeugen einzelne Reliktenstandorte (z. B. der Glockenheide, *Erica tetralix*, bei Czenstochau). Demnach scheint also das, was man bisher als „Heideenklave" der Niederlausitz anzusehen pflegte, eine Halbinsel zu sein. Doch diese verbindende Brücke ist wenig ausgeprägt; denn von Mittelthüringen bis zum östlichen Harzvorland treten wärmebedürftige Sippen stark hervor und in der Niederlausitz selbst sind die subatlantischen Florenbestandteile sehr viel zahlreicher entwickelt.

Aus der Verbreitung dieser Florenelemente ergibt sich auch eine neue floristische Einteilung Schlesiens: Der größte Teil bis zur Sudeten-Karpathenlinie, zur Schwelle der niederschlesischen Heide und zu den Rändern der Urstromtäler wird, zusammen mit Südpolen, der Tiefebene Galiziens und mit Ostgalizien (Opole), zu einer neuen Provinz unter der Bezeichnung „Sudeten-Karpathen-Vorland" vereinigt. Die Ausgangspunkte für die von Südosten und Süden kommende Neubesiedlung des eisfrei gewordenen Südpolens und Schlesiens waren die Podolische Platte und das polnische Refugium. Ein weiterer Einwanderungsstrom ergoß sich über die Mährische Pforte nach Schlesien hinein. Von den 12 Bezirken des „Sudeten-Karpathen-Vorlandes" ist besonders das Oberschlesische Hügelland zu erwähnen, gekennzeichnet durch eine Kalkflora mit montanem Einschlag, durch Hervortreten sudetischer und karpathischer Typen und Relikte aus der Steppenzeit.

Die große Mannigfaltigkeit in der Zusammensetzung der Flora und der Reichtum an seltenen Arten in Schlesien und Südpolen, ebenso wie die Zusammengehörigkeit beider Gebiete wird daraus erklärt, daß die letzte Eiszeit Schlesien nur im äußersten Norden berührte und die Vereisung auch in Polen bis zu den mittleren Landesteilen reichte; dagegen haben Urstromgebiet und Baltischer Landrücken eine jüngere Flora, die erst nach dem Abschmelzen des Eises neu einziehen konnte.

Immerhin wird die Stichhaltigkeit solcher Überdauerungshypothesen wohl noch einer Nachprüfung bedürfen, für die hoffentlich die weitere Vervollständigung der pollenanalytischen Untersuchungen die nötigen Grundlagen in absehbarer Zeit liefern wird.

Einige neuere pollenanalytische Untersuchungen (RUDOLPH und FIRBAS, Subalpine Moore des Riesengebirges, Ber. d. dtsch. botan. Ges. 44, 227—238. 1926; RUDOLPH, Untersuchungen im thermophilen Florengebiet Böhmens, Ber. d. dtsch. botan. Ges. 44, 239—248. 1926; FIRBAS, Hochgelegene Moore Vorarlbergs, Zeitschrift f. Botanik 18, 545—586. 1926). Die erste der genannten Arbeiten enthält zunächst ein für die prinzipiellen Grundlagen der pollenanalytischen Methode wichtiges Ergebnis. Die Untersuchung von Oberflächenproben nämlich, die in verschiedenen Höhenstufen aus lebenden Moosrasen entnommen wurden und die den rezenten Pollenniederschlag enthalten, ergab, daß die beim Höhenanstieg erfolgenden Wandlungen des Waldbildes in den Hauptzügen gut zum Ausdruck gelangen, wenn auch das tatsächliche Mengenverhältnis infolge der bekannten Fehlerquellen etwas verzerrt erscheint. Die fossilen Pollendiagramme ergeben im ganzen einen ähnlichen Verlauf der postglazialen Waldgeschichte wie im Erzgebirge; besonders auffällig ist dabei die Feststellung, daß der heute in der Knieholzstufe liegende Kamm des Riesengebirges noch in weit vorgeschrittener Zeit des Postglazials Buchen-Tannenwälder trug, daß also die Wärmezeit eine Erhöhung der Vegetationsgrenzen und der Waldgrenze um wenigstens 300—400 m bewirkt haben muß und daß diese Wärmezeit auch von recht langer Dauer war, da auch schon in der vorangehenden Fichtenzeit der Kamm waldbedeckt gewesen sein muß. Durch anderweitige, makroskopische Reste konnte ein direkter Beweis für die einstige höhere Lage der Vegetationsgrenzen bisher nicht erbracht werden, doch lassen, wie die Verff. betonen, die Pollenspektren eine andere Deutung nicht wohl zu. Da die wärmezeitlichen Pollenspektren sich schon knapp unter der rezenten Oberfläche zeigen, so kann seither keine beträchtliche Torfbildung mehr stattgefunden haben und die Kammoore des Riesengebirges stellen sich danach als „tote" Moore der Wärmezeit dar, bei denen der subatlantische Temperaturrückgang zum Stillstande und übrigens auch zu einer Änderung des Moortypus geführt hat. Die letztere Auffassung bezüglich des gegenwärtigen Charakters der Riesengebirgsmoore deckt sich übrigens mit derjenigen, zu der RUESTER vor einigen Jahren auf Grund der Untersuchung der Vegetationsverhältnisse gelangt ist.

Im thermophilen Gebiet Böhmens, wo der „Kommerner See" bei Brüx das Material für die Untersuchungen geliefert hat, ergab sich für die präboreale Periode ganz eindeutig eine reine Kiefernzeit (neben der Kiefer nur noch Birke und Weide regelmäßig vertreten), so daß also selbst diese günstigsten Lagen von der eiszeitlichen Verarmung der Waldflora tiefgreifend beeinflußt wurden und den Vorstellungen von einer Erhaltung wärmeliebender Elemente im Innern Böhmens jede Grundlage entzogen erscheint. In den folgenden Zeitstufen entspricht der Verlauf der Entwicklung, unter Berücksichtigung des Unterschiedes in der Höhenlage, den Verhältnissen in den Randgebirgen und erst im letzten, als Tannenzeit ausgeprägten Teil des Diagramms tritt eine Divergenz hervor. Da die Annahme, das frühere Laubholzgebiet wäre zu einem Nadelholzgebiet mit vorherrschender Tanne geworden, durchaus unwahrscheinlich ist — es hätten dann während dieser letzten Phase der Wärmezeit in der Niederung montanere Waldverhältnisse geherrscht als in mittlerer Gebirgslage —, so nimmt Verf. an, daß es sich hier um

das modifizierte Pollenspektrum waldarmer Gebiete handele, bei denen der überwiegende Teil des Pollenniederschlages von Ferntransport über größere Strecken herrührt und dementsprechend die leichter transportablen Pollenarten einen Vorsprung erlangen. Eine rezente Oberflächenprobe aus dem heute fast ganz waldlosen Seegebiet bestätigte die Möglichkeit eines derartigen Verhaltens, indem auch in ihr Nadelhölzer dominieren, obwohl am Fuße des Erzgebirges gemischter Laubwald herrscht und darüber geschlossener Buchenwald fast bis zum Kamm reicht. Somit würde sich die subboreale Zeit entsprechend der mutmaßlichen Trockenheit ihres Klimacharakters durch eine Lichtung der Wälder im Vorland des Gebirges markieren, und es ergibt sich zugleich auch noch, daß die Pollenspektren einen guten Ausdruck für die tatsächlichen Waldverhältnisse nur für Waldgebiete bedeuten.

Die Arbeit über die hochgelegenen Moore Vorarlbergs (an der Bieler Höhe, am Zeinisjoch, am Riedboden bei Dalaas u. a. m.) enthält zunächst das für die Chronologie der Postglazialzeit nicht unwichtige Ergebnis, daß das Gschnitzstadium sicher und das Daunstadium sehr wahrscheinlich pröborealen Alters ist, daß also diese von Penck und Brückner nachgewiesenen Gletschervorstöße nichts mit den späteren, in der Florenentwicklung sich wiederspiegelnden Klimaschwankungen zu tun haben; ferner führen gewisse, hier im einzelnen nicht wiederzugebende Überlegungen den Verf. zu einer Betonung der Annahme eines besonders ariden Charakters des mitteleuropäischen Glazialklimas. Im übrigen sieht sich Verf. durch seine Befunde vor allem zu einer ausführlichen Erörterung des Verhaltens der Fichte und ihrer postglazialen Einwanderung veranlaßt. Während diese im Westen der Alpen mit Buche und Tanne ungefähr gleichzeitig auftritt, eilt sie im Osten bedeutend voraus, was bisher meist aus Vermutungen über die Lage der eiszeitlichen Refugien zu erklären versucht wurde. Im Hinblick vor allem darauf, daß die Fichte im Glazial auch westlich der Alpen verbreitet war, findet Verf. diese Erklärung wenig befriedigend und sucht statt dessen die Erscheinung aus dem ökologischen Verhalten der Fichte verständlich zu machen; seine Auffassung läuft im wesentlichen darauf hinaus, daß unter dem Einfluß der postglazialen Klimaverbesserung die durch die jeweiligen ökologischen Verhältnisse gegebene Fichtenwestgrenze sich schneller nach Nordosten zurückzog, als daß der Baum ihr in geschlossenem Gürtel hätte folgen können, so daß nur die höheren Lagen der Westalpen die einzig gangbare Wanderstraße waren. Es würde dann also die Einwanderungsfolge nicht nur von der Lage der spätglazialen Verbreitungsgebiete bzw. der eiszeitlichen Refugien abhängen, sondern auch von dem Standortscharakter des Durchzuggebietes maßgebend beeinflußt werden, eine durchaus plausible Erklärung, die aber zeigt, wie mit dem weiteren Fortschreiten der pollenanalytischen Forschung auch hier das Bild sich immer komplizierter gestaltet. Auch die bekannte Tatsache, daß die Fichte nach Skandinavien erst spät und nicht von Südwesten her, wo die deutschen Mittelgebirge als Ausgangspunkt hätten dienen können, sondern von Nordosten her eingewandert ist, wird vom Verf. in diesem Zusammenhang betrachtet und ihre Ursache in ähnlicher Weise in den Verhältnissen der postglazialen Wärmezeit erblickt.

Die Untersuchungen über die Waldvegetation in Süd- und Mittelfinnland von V. Kujala (Communicationes ex Instituto Quaestionum Forestal. Finlandiae 10. 1926) haben zu Ergebnissen geführt, die auch in allgemein pflanzensoziologischer Hinsicht stärkeres Interesse verdienen. Die Problemstellung geht davon aus, daß für ein gutes Verständnis der Zusammensetzung und des gegenseitigen Verhältnisses der Waldpflanzensiedlungen ein möglichst vielseitiger Einblick in die Biologie der hauptsächlichen Arten eine unentbehrliche Voraussetzung bildet. Von diesem Gesichtspunkte aus wird in dem ersten Teil der Arbeit der ökologisch-biologische Charakter einer größeren Zahl von Waldpflanzenarten unter besonderer Berücksichtigung der für die Bildung von Pflanzenvereinen wichtigen Eigenschaften dargestellt; sie führt schließlich zu einer Einteilung der Waldpflanzen in eine Anzahl biologischer Gruppen, bei der die Lebensdauer, das Fehlen oder mehr oder weniger ausgeprägte Hervortreten vegetativer Verbreitung neben oder an Stelle der Samenbildung und die Bevorzugung bestimmter Waldböden (Hainwälder, Heidewaldböden) vorzugsweise zugrunde gelegt werden. Entsprechend wird im zweiten Teil das Verhalten der Laubmoose untersucht und auch hier eine ökologisch-biologische Gruppierung gewonnen; von Interesse ist dabei insbesondere auch noch der Vergleich der Standortsanforderungen der Moose und Gefäßpflanzen miteinander, aus dem sich ergibt, daß der infolge der geringen Größe auch nur geringe Nährstoffverbrauch der Moosindividuen und ihre Anspruchslosigkeit die Voraussetzung für ihre bedeutende Individuenzahl bilden und daß ferner die Moose wegen ihrer geringen Größe kleine Ungleichheiten der Standorte nicht in demselben Maße auszugleichen vermögen wie die Gefäßpflanzen mit ihren weit ausgreifenden Wurzeln; infolgedessen kann die Moosvegetation unter einer ziemlich homogenen Gefäßpflanzenvegetation mehrere, voneinander differierende, standörtlich und biotisch bedingte Teilbestände bilden, ohne daß dadurch indessen die Tatsache in Frage gestellt würde, daß die Moose in ihrem Auftreten von denselben Standortsfaktoren abhängig sind wie die höheren Pflanzen. Der dritte Teil endlich enthält eine genaue Analyse von im Untersuchungsgebiete des Verf. vorkommenden Waldpflanzenvereinen. Von grundsätzlicher Wichtigkeit ist vor allem das Ergebnis, daß im allgemeinen die verschiedenen Pflanzenarten durchaus in einer ihrem ökologischen Charakter entsprechenden Weise verbreitet auftreten; wesentlich ist ferner die scharfe Scheidung zwischen echten Pflanzengesellschaften und den meist durch vegetative Ausbreitung einer geselligen Art zustande kommenden Vegetationsflecken. Für die Grenzen der Siedlungen gilt dabei die Gesetzmäßigkeit, daß sie vorzugsweise das Resultat von Ort zu Ort schroffer oder allmählicher veränderter Standortsverhältnisse und der Konkurrenz der Pflanzen darstellen; die Flecken innerhalb derselben Siedlung dagegen sind in der Regel eine Folge der Verbreitungstendenz der Individuen der mehr oder weniger gesellig auftretenden Arten und des Widerstandes, welchen die anderen Pflanzen am Platze leisten. Dabei fällt der Hauptteil der Artvorkommnisse innerhalb derjenigen Siedlung oder Siedlungen, welche für die betreffende Art am meisten charakteristisch sind; dagegen ist es nicht möglich, die Grenzen der Siedlungen so zu ziehen, daß nicht kleinere Randteile der Artvorkommnisse in für die Arten fremde Siedlungen zu liegen kommen. Im Hinblick auf die in der neueren pflanzensoziologischen Literatur so lebhaft umstrittene Frage nach der Bedingtheit der Pflanzengesellschaften durch die ökologischen Faktoren kommt den Ergebnissen der sorgfältigen Untersuchungen Kujalas erhebliche Bedeutung zu.

W. Wangerin.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.

Hierzu zwei Beilagen vom Verlag Julius Springer in Berlin W 9

Verlag von Julius Springer, Berlin W 9 / Verantwortl. f. d. Anzeigenteil R. Sperling, Berlin-Schöneberg / Druck der Spamerschen Buchdruckerei, Leipzig